

TEHNIKA AJAKIRI

EESTI INSENERIDE ÜHINGU, EESTI KEEMIKUTE SELTSI JA INSENERIKOJA HÄÄLEKANDJA

Ilmub üks kord kuus

TOIMETUS ja TALITUS Tallinnas, Vene tän. 30, kõnetraat 431-35

Nr. 9/10

September/Oktoober 1939

18. aastakäik

SISU: L. Jürgenson: Tulekindlastest lagitarinditest. — J. Tammsaar: Korsten kaitisinseneri huviobjektina. — H. Lepikson: Voolamiskiiruste mõõtmisest eksperimentaalses vedelikkude mehaanikas. — A. Velner: Kas jäähäired ähvardavad Narva veejõujaama? — J. Udikas: Nurdade ligikaudne jagamine kolmeks kõõlu abil. — H. Oengo: Raudbetooni uuemaid teooriaid (ilma „n“-ta). — A. Pakri: Kaubavedu veoautodel Eestis 1. VIII 1938 — 30. VI 1939. — Tehnika teateid.

INHALT: L. Jürgenson: Über feuerfeste Deckenkonstruktionen. — J. Tammsaar: Schornstein als Interessenobjekt des Betriebsingenieurs. — H. Lepikson: Geschwindigkeitsmessungen in experimenteller Hydromechanik. — A. Velner: Sind Eisstörungen im Betriebe der Grosskraftanlage-Narva zu erwarten? — J. Udikas: Annähernde Dreiteilung der Winkel mit Hilfe der Horde. — H. Oengo: Neue („n“-freie) Berechnungsweisen des Eisenbetons. — A. Pakri: Lastauto-Frachtverkehr Estlands nach Erhebungen 1. VIII 1938 — 30. VI 1939. — Technische Nachrichten.

Tulekindlastest lagitarinditest.

Prof. L. Jürgenson.

Tallinna Tehnikaülikooli Ehitusõpetuse Laboratooriumi juhataja.



Käesolev esitis on tüüpilisimate lagitarindite ehitustehniline ja majanduslik analüüs. Selle eesmärk on selgitada ja võrrelda üksikute tarindusviiside omadusi ja aidata otsustada, millised neist on antud olukorras otstarbekohasemad. Iseloomustavaist omadusist on arvatud lae kaal, maksus, soojapidavus, heli- ja tulekindlus ja ehitusterase kulu.

Analüüsitud tüübid on kujutatud joonisel 1. Tüübid 1 ja 2 on tüüpilisi sardkivilagesid¹⁾; neist esimene on Kopli tehase kividest. Tüüp 3 on T-kujuliste ribidega betoonlagi, mida meil sageli nimetatakse Soome laeks, ja tüüp 4 on tavaline ribilagi puitkastidest vormidega, mille põhjaks on roogplaat. Tüüp 5 on tavaline betoonlagi ja tüüp 6 ristsarrustusega betoonist lamiklagi²⁾. Tüüp 7 on kaitstud terastaladega lagi, kusjuures taladevahe on sillatud sarrustamata betoonist lameda võlviga. Tüüp 8 on samane lagi, kuid taladevahe on sillatud 2-m-se sildekaugusega sardbetoonlamikuga. Tüüp 9 on terastaladega ja lamedate betoonvõlvidega lagi, mis meil kõige sagedamini esineb tulekindla lae nime all. Esitatud juhul on tala aluspöid rooste ja tule eest jäetud kaitsmata, nagu seda meie keldrilagedes sageli tehtakse. Tüüp 10 on puitribidega sardbetoonlagi, milles betoonlamikule tõmsarrustuseks on betoonile nihkekindlalt neotud puitpalgid. Viimased kaks tüüpi on puitlaed, neist esimene eraldase krohvilaega, parema helikindluse saamiseks.

Elavkoormuseks on võetud 200 kg/m² ja vaheseinte arvel on sellele lisatud 85 kg/m². Luba-

tavad pinged on võetud: tava kohaselt terasele 1200, betoonile 40 ja puidule 80 kg/cm². Arvutused on tehtud kahe tüüpilise sildekauguse jaoks: 4,5 ja 5,5 m.

Analüüsisaabed on kokku võetud joonisel 1 ja tabelis 1. Joonisel on märgitud lagede tarindamisandmed 4,5-m-se sildekauguse jaoks. Diagrammides on kujutatud lagede kaal, paksus, tulekindlus, maksus, helikindlus ja terasekaal. Helikindlus on laekaalu interpolatsiooni teel arvatud Rootsi mõõtesaavetest vastavat tüüpi laega. Iga laetüübi summutusvõimet võib tunduvalt tõsta näit. põrandaliiprite padjaldamisega jne. Need võimalused on rakendatavad peagu kõikides tüüpides ja on käesolevas esitises jäetud ligemalt käsitlemata.

Kuigi seinte puhul oli võimalik kogu analüüs viia majanduslikkuse alusele *) on seda lagede puhul üldisel kujul raske teha. On üldse raske kroonidesse hinnata selliseid omadusi nagu lae heli- ja tulekindlus ja iga hinnang sõltuks väga suuresti antud juhust. Lae paksus näiteks võiks suvilas olla väikese tähtsusega, kuid ülimalt tähtis linnamajas, kus lubatava kõrguse piiresse on tarvis ära mahutada maksimaalne arv korruseid. Hinnangud on sellepärast jäetud füüsikalisesse ühikuisse, neid ümberhindamata majanduslikult.

Tulekindluse hindamisel on aluseks võetud rootsi ametlikud normid. Tuletame siinkohal vaid meelde, et tuliteimatund tähendab aega, kui kaua antud tarind standardkahjutules vastu peab. Ehitises sõltub kahjutule intensiivsus põlev-ainese

1) Sarrustatud (armeeritud) kivilagi.

2) lamik — paks plaat.

*) Vt. Tulekindlastest tarindusviisidest. TA nr. 12 1938.

Tabel nr. 1.

Lae nr.	Lae tüüp	Lagi: 4,50×5,50					Lagi: 5,50×6,00					Mürasummu- tus db	Tulekindlus ttt
		Paksus mm	Kaal kg/m ²	Terase kaal kg/m ²	Maksus kr/m ²	Sooja- juhtivus kcal/m ² h°C	Paksus mm	Kaal kg/m ²	Terase kaal kg/m ²	Maksus kr/m ²	Sooja- juhtivus kcal/m ² h°C		
1	Sardtellis (Kopli)	360	420	8,0	13,15	0,92	400	465	9,9	14,15	0,85	60	3
2	Sardtellis	360	340	7,4	13,15	0,90	380	440	9,4	15,00	0,86	58	2<
3	T-kujuline ribilagi	420	400	13,6	11,75	0,94	420	490	18,2	12,20	0,94	54	2<<
4	Ribilagi (kastvormidega)	440	390	7,4	13,50	0,58	440	405	10,5	14,00	0,58	65	2<<
5	Sardebtoon	390	440	6,7	11,80	1,17	390	455	9,8	12,80	1,17	50	2<<
6	Sardebtoon lamik	290	545	11,8	13,70	1,12	330	610	13,9	15,55	1,06	56	2<<
7	Betoonlagi terastaladel	290	462	21,9	13,95	1,00	310	470	26,3	15,90	0,93	53	2<
8	Sardebtoonlagi terastaladel	310	420	18,7	12,00	0,90	330	420	23,1	14,60	0,85	54	2<
9	Betoonlagi terastaladel	270	416	21,9	12,30	0,96	290	420	26,3	14,10	0,93	54	0,5
10	Puitribidega betoonlagi	320	430	1,4	13,20	0,64	350	435	2,1	14,20	0,61	55	1>
11	Puitlagi (kahekordne)	350	238	—	8,35	0,51	350	240	—	9,20	0,51	64	1>
12	Puitlagi	280	235	—	8,00	0,58	300	235	—	8,70	0,55	53	1>

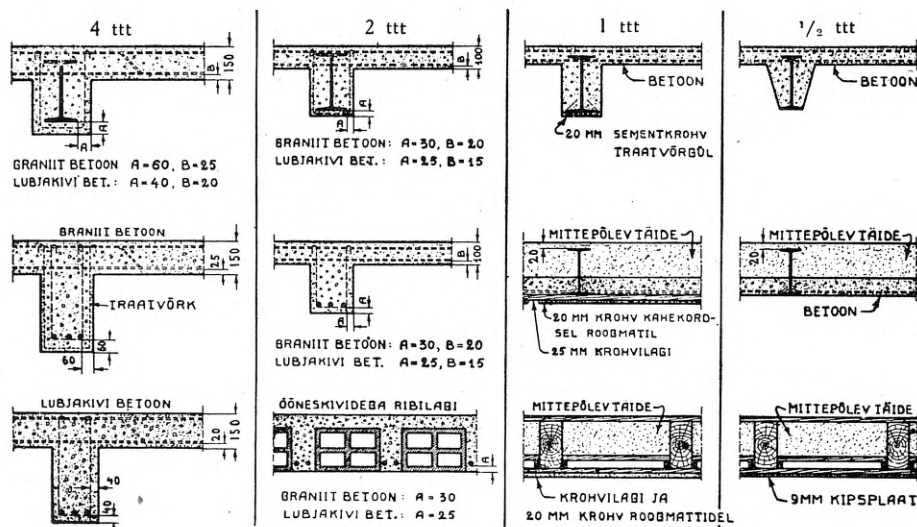
keskmisest hulgast põranda m² kohta. Kui hoones on põlev-ainest 45, 65, 110 või 190 kg/m², siis on oodatava kahjutule intensiivsus vastavalt 0,5, 1, 2 ja 4 tuliteimatundi, s. o. kahjutuli mõjutaks lagesid samal määral kui vastava kestusega standardtuliteim uurimislaboratooriumi ääsis. Näiteid lagede tüüpilisist tulekindlusehindest näeme joonisel 2. Elamutes on põlev-ainest harva üle 50 kg põrandapinna m² kohta.

Järeldusi. Toodud lagedes torkab eriti teravalt silma meie tavalise terastaladega ja betoonvõlvidega lae (tüüp 9) äärmiselt madal üldhinne. See tulekindlaks nimetatav lagi on tegelikult vaid hinnat 0,5 ttt väärt, s. o. nõrgema tulekindlusehindegaga kui korralik puitlagi. Poole tuliteimatunnine hinnegi eeldab, et terastala ülemine osa on maetud mittepõlevast ainesest täidisesse, mis aga meil sageli tegemata jäetakse, eriti kõrgete talaprofiilide puhul. Lisaks muile nõrkusile raiskab see lagi kuni kolm korda enam terast kui sardebtoon või sardkivilaad; juba see üksi õigus-taks ta ehitamisekseldu.

Tulekindlust parandab talalesta ja pöidade korralik kaitse betoonkihiga; majanduslikkust parandab talavahede suurendamine umbes kahe meetrini. Sellise vahemaa ülesildamiseks piisab 8÷10-cm-paksusest sardebtoonlamikust. Betoonlamik olgu küllalt madalal, et anda küllaldast paksust tala aluspöia kaitsekihile ja võimaldada sarrusvarraste vaheldumisi kulgemist talapöia alt (vt. tüüp 8). Selline lagi on normaaloludes küllaltki soodus, kuid väga kulukas teraselt.

T-ribidega betoonlagi on, nagu näeme, majanduslikumaid ja sellepärast sageli tarvitusel, eriti Soomes. Ta taamusi on keerukam ehitus ja vee kogunemise võimalus talalestade vahele. Kui põrandakate pole veekindel, võib näiteks kahjutule tõrjeksi lae kergesti ülekoormata.

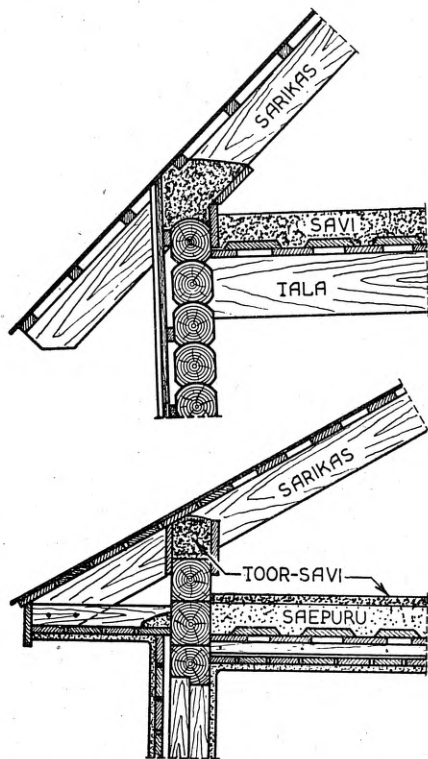
Betoonist ribilagi, ristsarrustusega lamiklagi ja sardkivilagi on soodsaimad tarindid terase säästu seisukohalt. Nad tarvitavad vaid umbes kolmandiku terast, mis kuluks terastaladega laele. Seda liiki lagedes võiks terase kaalu veelgi madalamale viia talade kõrguse suurendamisega. Eriti kehtib



Joon. 2. Lagitarindite tulekindlus Rootsi normide kohaselt. Kujutatud lagede tulekindlus on 0,5 kuni 4 tuliteima tundi, olenevalt tarindusest.

see ristsarrustusega lamiklae kohta (tüüp 6), mille paksust tarviduse korral võiks tõsta 20 cm-ni või ülegi.

Puitribidega sardbetoonalagi, s. o. sardbetoonplaat, mille sarrustuseks on nihkekindlalt plaadi külge ralvatud puitpalk, on teoreetiliselt küllaltki



Joon. 3. Tule levikut hoones tõkestab suu-
resti toorsavist kattekiht laka lael ja pidev
mittepõlevast ainesest tuletõke hoone räästas.

majanduslik. Kuna aga ehitus nõuab suurt hoolt ja oskust, tuleks selle soovitamiseks kõhelda. Ettevaatusele manitsevaiks tegureiks on puitribi nõrkus vastupanus tulele, niiskusele ja putukate hammastele. Tulekindlus on pealt 2 ttt ja alt 1 ttt.

Terasribidega sardbetoonalagi, s. o. sardbetoonplaat, mille sarrustuseks on plaadi külge nihkekindlalt ralvatud terastala, oleks teoreetiliselt majanduslikum kui terastaladega lagi ja sealjuures vaba mõnedest puitribi taamusist. Siingi on raskuseks ralvade keevitamine või kuidagi teisiti kinnistamine terastala ülapöiale. Üldiselt tundub, et seegi tarindusviis on soodus vaid erijuhtudel, sildades või muis eriehitusis, mis teostuvad inseneride otsesel juhatusel.

Puitlagi evib ühetunnilist tulekindlust, kui ta on alt kaitstud roogmattidele asetatud krohviga. Roog on kinnitatud traadiga ja on parem ja kindlam kui meie tavaline peergmatt. Ameerika ehitusteadlased tunnustavad tulekaitses ainult kips- ja tsementkrohvi, rootslased aga ka lubi-
krohvi, kui see on pandud roogmatile. Meie puitmatti sobivuse kohta puuduvad kahjuks otsesed

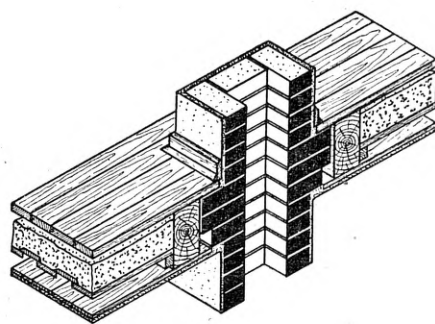
mõõtesaabed. Puitmatiga krohvi võiks sellepärast tunnustada vaid traatvõrguga sarrustatult.

Lakkade suhtes tuleb rõhutada toorsavist kaitsekihi tähtsust. Selline kaitsekiht annab laele pealt kuni kahtunnise kaitse ja on sageli päästnud allasuva hoone hävimisest. Koos toorsavist kaitsekihiga tuleks ehitada tuletõke ka räästasse, et takistada tule kiiret juurdepääsu välisseintele ja voodri vahele (vt. joon. 3). Tuletõkked räästastes on väga tõhusaks abiks tuletõrjele: Ameerikas on nad määrustega nõutavad. Lautadel ei tohi unustada ka põhu allalasku luuki. Tartumaal on küllalt juhtumeid, kus saviseintega ja lakas korraliku savikattega laudad või tallid on hävinenud tules, mis sisse tungis lakast heinaluukide kaudu. Korstnate ümbrus on meie ehitistes nõrgemaid kohti. Õigeim tarindus on korsten lae kohal teha ühekivipaksuse kraega, nagu seda näeme joonisel 4.

Ratsionaalsemate lagede tarvituselevõtmisele ei ole oodata erilisi raskusi ettevõtjate poolt. Kuigi terastalade tarvitamine pakub ettevõtjale teatavaid mugavusi, on töö otstarbeka organiseerimise puhul ka sardbetoonalagede ehitus küllaltki hõlpus. Suurimaks takistuseks nende ehitamisele on aga sardbetoon- ja sardtellis-lagede piiratum tundmine ja staatiliste arvutuste, hoolsama tööjuhatus ja järelevalve vajadus. Need on seni olnud peamisi pidureid betoonlagede levimisele.

Lagede puhul on need raskused siiski kergesti ületatavad. Suurem osa meie ehitisi on ju elamud, kus lagede elavkoormused on samased ja sildekaugused kõiguvad vaid mõõdukais piires. Lagede jaoks oleks kerge välja töötada tugevusnõuetele vastavad tarindused ja koostada ehitustööde kirjeldus.

Järelevalveametnikele toovad uued laetüübid kahtlematult juurde lisavastutust ja tööd, kuna neil siin tuleb kontrollimisel kiiresti orienteeruda



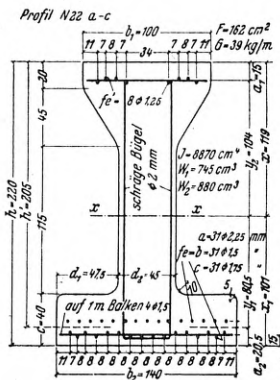
Joon. 4. Lagede kohal tuleks korsten ehitada poole kivi
võrra paksem, et saada tõhusat kaitset puittaladele.

küllaltki keerukas staatikas. Vältimatult tõstab see ehitusinspektoritelt nõutava ehitusstaatikas koduoleku taset.

Terase lubatavate pingete tõstmine oleks veel üks võimalusi metalli kokkuhoiuks. Kuna lubatav pinged on tavaliselt murdosa plastsusepiirist, siis oleks sardbetoonis soovitatavam kasutada kõrge-

ma plastsuspiiriga terast: St 44 ja St 52 tavalise St 37 asemel. See aga tingib ka kõrgema väärtusega betooni, hoolikamat ankurdust ja järelevalvet. Kuna varraste külmaalmsimine tõstab nende plastsuspiiri, mis end eriti tunda annab peenemates varrastes, lubavad rootslased alla 12 mm varrastes umbes 100 at võrra kõrgemaid tõmbpingeid. Peenem varras on soodus muidugi ka nakkepingete seisukohalt.

Tehasestehutud sardbetoonalade tarvitamine suuresti soodustaks terase säästu. See küsimus nõuab aga pikemat erikäsitlust. Toome siinkohal (joonisel 5) vaid ühe näite Saksas tarvitatavast



Joon. 5. Näide tehasevalmistatud sardbetoonalast (Zentralblatt der Bauverwaltung).

sardbetoonalast, mille sarrustuseks on 13500 kg/cm² ettepingutatud pillikeeled ja lubatav betooniping 500 kg/cm².

A b i j õ u d e n a on käesoleva analüüsi tege- misel töötanud üliõpil. M. Kotkas, K. Karu ja A. Riit.

Järelduste kokkuvõte.

1) Meie tavaline tulekindlaks nimetatav teras- taladega ja betoonvõlvidega lagi (tüüp 9, joon. 1)

a) on vähem tulekindel kui nõuetekohaselt krohvitud puitlagi,

b) raiskab lubamatult palju ehitusterast: kuni kolm korda rohkem kui sardbetoonlagi ja c) nii ehitustehnika kui ka rahvamajanduse seisukohalt oleks õigustatud selle laetüübi ehitamiskeeld.

2) Lae tulekindlus tuleks tarindada vastavalt kahjutule oodatavale intensiivsusele ja hinnata tuliteimatundides.

3) Majanduslikumaid lagesid meie oludes on sardbetoon- ja sardkivilaed. Need on eriti sood- sad terasesäästu seisukohalt, kuna nad vajavad vaid umbes kolmandiku terasehulgast, mida va- jaks terastaladega lagi.

4) Terastalade tarvitamisel tuleks need korra- likult kaitsta tule ja rooste eest ning paigutada vähemalt 1,8 m üksteisest, ülesillates nende va- hema sardbetoon-plaadiga (tüüp 8, joon. 1).

5) Terasesäästu saavutamiseks tuleks nõuda ökonoomsemate laetüüpide tarvitamist ja lagita- rindi esildamist projektis.

6) Ökonoomsemate lagitarindite tarvitamist hõlbustaksid tabelid ja diagrammid nende tarin- duste kohta tavaliste koormuste ja tavalisimate sildekauguste jaoks.

7) Terasesäästu võimaldab kõrgema plastsus- piiriga terase tarvitamine ja lagede sildekauguse vähendamine kohtades, kus on võimalik vahe- seinu asendada betoonist või tellisest kandesein- tega.

8) Puitlagedele annab tõhusa tulekaitse kor- ralik krohv, mittepõlev täidis või kattekiht ja tuletõkked korstnate ümbruses ja räasta all.

L. JÜRGENSON: ON FIREPROOF FLOORS.

The article is an economic and structural analysis of a series of floors designed for clear spans of 4,5 and 5,5 m and a live load of 200 kg/m² plus an 85 kg/m² allow- ance for partitions. Fig. 1 shows the results of the ana- lysis for floors with a span of 4,5 m. In order to compare the relative merits of each type the following charac- teristics are deducted and shown: fire resistance (mar- ked: tulekindlus) in hours, sound reduction (mürasum- mutus) in decibels, cost (maksus), dead weight (kaal), thermal conduction (soojajuhtivus) and the weight of steel (terase kaal).

Korstnen kätisinseneri huviobjektina.

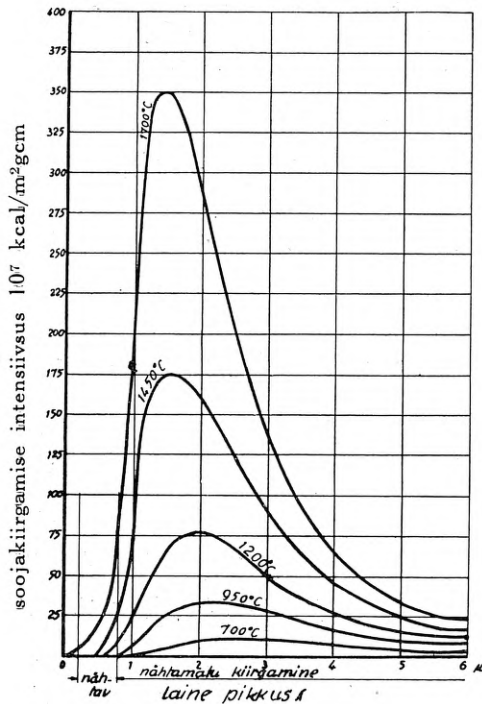
Dipl.-ins. Jaan Tammsaar.

Kui heidame pilgu tagasi soojustehnika are- nule viimaste aastate jooksul, siis alles märkame, milliseid silmanähtavaid edusamme on tehtud sel rahvamajanduslikult suure tähtsusega alal. Seal- juures on eriti huvitav märkida tööka, et vaevalt kümnekond aastat tagasi insenerid ja tolaeagsed eriteadlased uurisid veel võrdlemisi vähe auru- katelde ja korstnate juures õhuläbivooluga seoses olevaid nähtusi, mis tegelikult evivad määravat tähtsust põlemisprotsessi ratsionaliseerimise ja

kütte- ning auruseadmete maksimaalse tootmise küsimustes. Nende probleemide lahendamine jäeti enamasti müürseppade hooleks, kes ehitasid kolletele korstnaid ja suitsukäike isiklike koge- muste ja oma äranägemise järele. Sealjuures oli juhtumeid, et võrdlemisi väikese põlemisruumi kõrvale tekkis ebamääraselt kõrge korsten, mille- ga taheti nähtavasti suurendada ümbruskonnas korstna omaniku ja muidugi ka ehitaja kuulsust. Esines igalpool samane nähtus: h o o l i m a t a

erakordselt tugevast tõmbest valitses katelde põlemisruumis tegelikult ikkagi õhupuudus, mille parimaks tõenduseks olid paksud suitsupilved.

Aegade jooksul praktilised kogemused juhtisid eriteadlaste tähelepanu asjaolule, et õhulii¹⁾ ja tõmbe reguleerimisega tihedas seoses olev soojakiirgamine on tähtsamaid tegureid tootmisvõimelistes ja ratsionaalsetes soojustehnilistes seadmetes. Allpooltoodud diagrammist nr. 1 nähtub, et otsese



Joon. 1. Soojakiirgamise intensiivsuse juurdekasv 4-das astmes olenevalt põlemistemperatuurist ja õhulii protsendist.

soojakiirgamise intensiivsus põlevalt kihilt ja põlemisruumi täitvatelt gaasidelt küttepinnale kasvab 4-das astmes olenevalt põlemistemperatuuri tõusust ja sellega seoses olevast õhuliiaprotsendist.

Kerkis esile vajadus seniseid ebaratsionaalseid kütte- ja auruseadmete konstruktsioone asendada ajakohasematega, mistõttu soojustehnikas on toimunud viimastel aastakümnetel põhjapanevaid muutusi. Vanad menetlused rändasid kolikambrisse ja asendati uute ajakohasematega, kusjuures laiaulatuslikult kasutati kogemusi soojakiirgamise, õhuläbivoolu ja tõmbereguleerimise alalt. Tänapäeva nõuetele vastavaid aurukatlad, ahje ja teisi soojustehnilisi seadmeid iseloomustavad keskpärased või hoopis madalad (kunstliku tõmbega) korstnad ja saledad, kõrged põlemis-

¹⁾ Liig. liia = s. Überfluss, v. izlišek; õhulii = s. Luftüberfluss, v. izlišek vozduha.

ruumid ühes voolutehniliselt viimistletud ajakohaste suitsukäikude ja sekundäär-õhuseadmetega.

Nende ridade kirjutajal oli omal ajal juhus viibida einel, mille korraldas Lodzi elektriijaama juhataja prof. Ulman uute aurukatelde sisseõnnitamise puhul. Laud oli kaetud katla põlemisruumis siledal rändrestil, kusjuures külaliste sissepääsuks oli esialgselt jäetud katla seina sisse avaus, mis hiljem, enne katla tarvitusele võtmist, kinni müüriti. Selle omapärase eine abil taheti külalistele demonstreerida aurukatelde konstruktiivset uudsust.

Üleminek endisest puhtkonvektiivsest soojaülekandest otstarbekohasemale ning mõjuvale kiirgamisülekandele jäi oma puhttehnilisest iseloomust tingituna laiematele ringkondadele nägematuks, kuigi ta rahvamajanduslikust seisukohast vaadates tähendas pööretsünnitavat murrangut soojustehnikas. Endine 25-kg-ne aurutootmine katla küttepinnal iga ruutmeetri kohta suudeti näiteks tõsta 100 kg-le ja umbes samakõrgele auru rõhule.

Lähtudes eespool lühidalt kirjeldatud uudsetest põhimõtetest hakati mõtlema ka sellele, kuidas oleks võimalik kõrvaldada korstnate ebaotsarbekohasest ehitusest tingitud vigu ja teisi konstruktiivseid puudumeid. Koostati täpsed juhised, mille põhjal tänapäeval moodstate korstnate ehitamine toimub kindlate reeglite ja soojustehniliste arvutluste ja arvatluste järele, kusjuures müürseppade algatusele on jäetud võrdlemisi väikesed piirid. Tõmbe reguleerimine sünnib automaatselt töötavate seadistuste abil, mis annavad täieliku kontrolli kõigi korstnast ja ühtlasi ka koldest läbiminevate õhuhulkade üle, piirates samaaegselt ka õhuliiaga, mis tekib suhteliselt kõrge ja ebaühtlase tõmbe tagajärjel.

Alljärgneva lihtsa näite varal püüan lühidalt selgitada, mis on ühist põlemisruumi ja suitsukäikude ehitusel, õhu ja tõmbe reguleerimisel ja soojakiirgamise nähtustel korstna konstruktsiooniga.

Vaatleme tavalist petrooleumilampi, mis kujutab endast kolde prototüüpi, ainult selle vahega, et auru asemel toodetakse tema abil valgust. Lambi tsilinder täidab korstna aset ja kuulitaoline allosa sarnleb korrapärasele põlemisruumile. Kui koldes näeme reste, siis lambis on nende asemel taht ja lambis on nagu koldeski tuleleeki juhtiv süütevõlv seenetaolise metallketta näol. Tsilindrihoidjasse on jäetud augukesed, mille kaudu toimub õhu juurdevool. Jälgides tähelepanelikult põlemisprotsessi lambis, näeme, et tsilindris tekib täpselt nii tugev tõmme, kui läheb vaja kindlaksmääratud petrooleumihulga põletamiseks küllaldaselt õhujuurdevoolul. Lamp töötab korrapäraselt ainult siis, kui vastavad eeldused (põlemisruumi suurus, hapniku juurdevool ja põletise hulk) püsivad kindlaksmääratud vahekorras. Kui vähendame tõmmet, sulgedes käega õhuavausi,

või suurendame seda, minnes lambiga välja tuule kätte, siis vähese või liigse hapnikujuurdevoolu tõttu tuli kaotab oma soojust ja kiirgamisvõimet ja hakkab ajama tahma. Keerates asjatult lambi tahti, tekitame samuti õhupuudust või ülemäära, kuna õhu hulk ja põlemisruumi maht jäävad endiseks samal ajal, kui muutub petrooleumi juurdevool.

Täpselt samased nähtused esinevad ka kolletes, millest järeldame, et ideaalse põlemisprotsessi ning soojakiirgamise saavutamiseks ei ole mitte ainult määrava tähtsusega kohandada põlemisruumi konstruktsiooni vastavalt põletise omadustele, vaid ka otstarbekohane korstnaehitus, õhu jaotus ja tõmbe reguleerimine. Nagu kõik keemilised protsessid, nii on ka põlemisprotsess oma iseloomult täpne, ning nõuab käitises alalist pidevat kontrolli aparaatide abil, millised on täpsemad ning ühtlasi ka kallimaid mõõtmistehnika alal. Lähtudes eespooltoodud asjaoludest võime märkida olma, et tänapäeval suurem osa tööstus- ning kütteseadmetest on veel kaugel ideaalsest olukorrast ja ei vasta ehituslisest ega ka tõmbetehnilisest küljest aja nõuetele. Kahju et nad toodavad soojust ja mitte valgust; kui kõik mis sünniks kolletes ning korstnates, saaks üldsusele sama nähtavaks kui läbipaistvates lambikestes, ja kütte ja auruseadmete omanikud näeksid ehk oma põlemata küttematerjali kõliseva raha näol korstnast välja lendavat, siis vahest tõuseks neil ka enam huvi soojustehniliste uuenduste vastu, mis paratamatult on seoses ühekordsete ainelistel kulutustega.

Tihti peale näeme ka, et igasuguste isehakanud „eriteadlaste“ nõuannetele ja kavanditele suhtutakse liialt kergeusklikult, mille eest kütteseadmete omanikud harilikud maksavad kaunis valusaid õpirahasid, mistõttu nad hiljem ka kõige asjalikumatelegi nõuannetele suhtuvad umbusklikult. See tuleb ilmsiks eriti neil ajajärgel, kui ilmuvad turule pöörettekitaavad soojustehnilised uudsused, mille varjus igasugused „spetsid“ oma vastavalt kohandatud konstruktsioonidega püüavad teha äri kergeuskliku klientuuri hulgas.

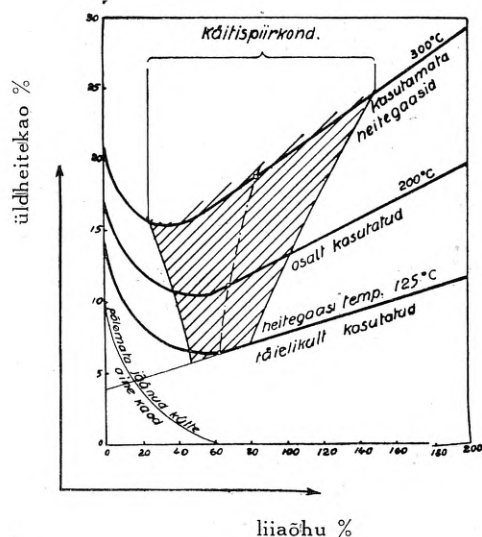
Mul on teada juhtum, kus selline asjatundja Niezychowo jõujaamas Brombergi lähedal peale pikemaajalisi uurimisi teatas, et korstnat tuleks pikendada umbes 10 m võrra, kui tahetakse saavutada tähelepanuväärt säästu põletise alal. Selle „eksperdi“ juhatusel ehitatigi elektrijaama korsten pikemaks, mille tulemuseks oli ebanormaalselt tugev tõmme. Suitsu- ja korstnakäigud muutusid tulisteks, ja endisele tihedale suitsule lisaks katsid ka veel tuha- ja koksitolmu pilved ümbruskonda. Selle auruseadme korrastamine usaldati mõni aasta hiljem minu hoolde.

Resti allalaskmisega suurendati põlemisruumi mahtu ligi 40%; pikad ja madalad süütevõlvid

asendati kiirgamissüütele põhjenevate ning sekundaarõhu sisseseadetega varustatud lühikeste paraboolikujuliste võlvidega; suitsukäigud ehitati vooltehniliselt soodsamatele gaasikiirustele ümber ja korsten varustati automaatse tõmberegulaatoriga. Tagajärg oli säärane, et 24 mm tõmbe asemel tarvitati vaid 15 mm v. s., kusjuures toodeti rohkem auru ning saavutati 7% põletisesäästu aastas. Kadusid ühtlasi ka mustad suitsupilved, mille eest ümbruskonna elanikud olid üpris tänulikud.

Sellelaolisi näiteid võiksin loetleda veel mitmeid ja neist ilmestub kujukalt, milliseid suuri kokkuhoide põletise alal on veel võimalik saavutada, kui vastavates ringkondades äratada küllaldast huvi uudsete soojustehniliste konstruktsioonide ja ajakohase põlemiskontrolli vastu.

Tänapäeva kütte- ja auruseadmetes kohtame normaalse 6÷16%-lise heitekaotuse asemel enamikus tunduvalt kõrgemaid arve (diagramm nr. 2), mille lõviosa langeb asjatundmatult ehitatud korstnate, põlemisruumi- ning suitsukäikude ja puuduliku õhu- ning tõmbereguleerimise arvele. Minu poolt Poolas ja Lääne-Preisimaal seitsme aasta jooksul kontrollitud 240 tööstus- ja kütteseadmes oli võimalik teostada võrdlemisi odavate ümberehituste ja otstarbekohase tõmbereguleerimise abil 5÷10%-list säästu põletise alal, mis näitab kujukalt, kui suur tööpõld on avatud mood-



Joon. 2.

sate käitisjuhatajatele ja soojustehnika eriteadlastele. Diagrammist nr. 2, mis on praktilistel kogemustel koostatud, nähtub, et äragaaside temperatuuri alampiiriks on +125°C, millise piiri määrab majanduslik tasuvus. Kahjuks ei ole kõige moodsamateski tänapäeva seadmetes võimalik kogu äragaasides peituvat sooja täielikult kasustada, kuna selleks tarvisminevad seadistud nõuaksid erakorraliselt suuri ainelistel kulutusi.

Kas loomulik või kunstlik tõmme? Korstna abil sünnitatud loomulikku tõmmet tuleb odavuse ja

kindluse mõttes eelistada kunstlikule tõmbele, kuna selle tekitamisel kulutame paratamatu heitekaos kõrval ka veel jõudu ventilaatori käitamiseks. Kunstliku tõmbe tasuvuse määramisel tuleb arvestada alati vastavate korrashoiu- ja järelevalvekuludega, mis tõstavad loomulikult tootmiskulusid. Ei tohi unustada ka kunstliku tõmbe eba-kindlust, kuna ventilaatorite äkilise seismajäämise tagajärjel restid võivad liigse kuumuse all kannatada. Raudkorstnate ja kunstliku tõmbe seadmete juures esineb erilise raskusena, et äragaasides tekkinud sööbivad happed mõjuvad hävitavalt seadmete materjalile. Seda näeme eriti põlevkivi tarvitamise puhul põletisena. Meie oludes tuleb loomuliku või kunstliku tõmbe valikul toimida iseäranis ettevaatlikult, kuna alati peame arvestama võimaliku üleminekuga põlevkiviküttele.

On siiski olukordi, millistes kunstlikku tõmmet tuleb lugeda soovitavaks. Seda näiteks juhul, kui kollete arvu suurendamisel ei jätku enam endisest korstnatõmbest või kui tagavarakatelde auru all hoidmine nõuab teatud lühikese ajavahemiku jooksul tootmise kiiret suurendamist. Kunstlikul tõmbel on see tähelepanev eemus, et ta sõltumatult ilmastikust ja tuulest annab alati ühtlast tõmmet, mis nagu allpool näeme, võib olla kaunis tähtsaks teguriks käitise üldises soojabilansis. Mõningatele ettevõtetele võib ühtlane ilma nimetamisväärsete kõikumisteta tõmme olla ratsionaalse töötamise põhialuseks.

Loomuliku või kunstliku tõmbe vahel valimisel ei ole mõõduandvad mitte ainult ehitus- ja käitiskulud, vaid tarvitusele võtmine on näiteks soovitatav peenteralise küttematerjali puhul, kusjuures lisaks harilikule pealttömbele puhutakse restide alla ventilaatorite abil eelsoojendatud või lihtsalt külma õhku. Sellega tõstetakse tunduvalt põlemistemperatuuri, millega käsikäes tõuseb ka

kolde suutus, mis paljudes käitistes on väga soovitavaks nähtuseks.

Tihtiollakse sunnitud ehitama madalaid korstnaid ruumipuudusest tingitud põhjustel; siis kunstliku tõmbe tarvitusele võtmine on loomulikult paratamatus. Kõrge korstna ehitamisest peab loobutama ka juhtudel, kui tarvismineva erilisel tugeva vundamendi loomine ei ole tehniliselt läbi viidav. Viimasel ajal on mitmetes riikides õhukaitse- ja lennutehnilistel kaalutlustel kõrgete korstnate ehitamine teatud paikades seadusega keelatud; ka niisugustel juhtudel peavad käitised kasutama kunstlikku tõmmet.

Suuremates auruseadmetes esineb tavalise korstnatõmbe kõrval ühtlasi ka veel kunstlik pealt- ja alttömme. Iseäranis viimane teeb tootmise seisukohast sisseseade elastsemaks ning aitab vältida külma õhu sissetungimist läbi välismüüride, kuna töötatakse sel juhul kaunis madala pealttömbega.

Tolmueraldite tarvitusele võtmise puhul vajab enamik süsteeme kindlasti kunstlikult suurendatud tõmmet, kuna tolmueraldid tekitavad märksa suuremat tõmbekadu, kui tavalise korstna puhul on reservina ette nähtud. Erandina võiks siin mainida Wojciechowski nimelist tolmueraldit, mis kasutab korstnas arhimeedese spiraali ja seetõttu tekitab vähemat tõmbekadu. Teistel süsteemidel äragaaside mitmekordne suunamuutmine hävitab esialgsest tõmbest märksa enam, mistõttu ollakse paratamatult sunnitud minema üle kunstlikule tõmbele.

Nagu eespool nägime, on olemas mitmeid eeldusi kunstliku tõmbe tarvitusele võtmiseks erijuhtudel, kuid praktika on näidanud, et suur enamik tänapäeva tööstus- ja kütteseadmetest töötab siiski endiselt loomuliku, s. t. korstnatõmbega. (Järgneb.)

Voolamiskiiruste mõõtmisest eksperimentaalses vedelikkude mehaanikas.

Dipl.-ins. Heino Lepikson.

Tihti esinevaks probleemiks vedelikkude mehaanikas on mingi antud vooluse kiirusvektorite välja määramine. Selleks tuleb antud vooluse igas punktis leida kohaliku kiiruse suurus ja suund.

Puht teoreetilisest küljest võetuna on see probleem lahendatav ainult lihtsamatel erijuhtudel. Kahjuks aga kuuluvad tehnikas, näit. hüdraulilistes masinates esinevad voolused just komplitseeritumate liiki. Pealegi seda liiki arvestuste tulemuste erinevus tegelikkusest on üldiselt väga suur. Seda muidugi selle tõttu, et arvestuste lihtsustamiseks, õigemini nende võimaldamiseks tuleb teha lihtsustavaid oletusi, kuigi nad tagajärgi mõjutavad suuresti.

Järelikult väga tihti, tehniliste probleemide juures aga peaaegu alati, tuleb tarvitada eksperimentaalset teed, mis — teatavate mehaaniliste sarnastungimuste täitmisel — annab väga häid tagajärgi.

Asja eksperimentaalse külje ligemal vaatlemisel selgub meile aga otsekohe, et siingi on terve rida raskusi.

Kõigepealt, kuna kiirus on vektoriaalne suurus, siis tuleb meil mõõta mitte üksi ta määra, vaid ka ta suunda. See nõue elimineerib nii mõnegi muidu praktilise mõõteriista.

Teiseks, uuritav kese, tavaliselt vesi või õhk, on pidev ja homogeenne. Järelikult on võimatu eraldada ja repereerida mingit vedeliku-osakest. Selle märkuse tähtsust näeme peagi, kui asume vaatlema üksikuid mõõtemenetlusi.

Kiiruse, kui tuletatud suuruse, esimese mõõtmisviisi sugereerib meile juba ta dimensioonidevõrrand: $V = ST^{-1}$. Järelikult taandub meie probleem aja ja teepikkuse mõõtmisele, kusjuures viimast tuleb võtta vektorina.

Kui aja mõõtmine mingisuguseid raskusi ei tekitata, siis ei saa seda kahjuks ütelda kulgetud tee-

pikkuse mõõtmise kohta; ja seda just uuritava keskkonna pidevuse ja homogeensuse tõttu.

Raskusest pääsetakse üle sel teel, et uuritava vedeliku hulka segatakse vedelikust välimuselt või optilistelt konstantidelt erinevaid võõrkehaid, mis hüpoteesi põhjal liiguvad sama kiirusega kui uuritav kese. Muidugi on siinjuures tähtis, et võõrkehakeste tihedus ligineks niipalju kui võimalik mõõdetava vedeliku tihedusele.

Võõrkehakestena tulevad kõne alla:

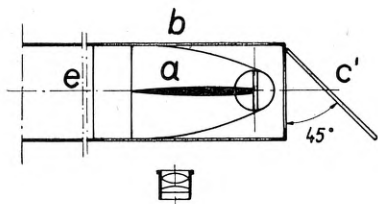
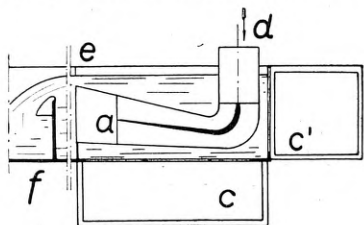
1) Optilistelt omadustelt (värv, murdumisnäitaja, läbipaistvus) erinevad vedelikud, mis uuritava vedelikuga ei segune, näiteks mitmesuguste õlisegude tilgad. Laminaarse voolamise korral pole viimane tingimus oluline.

2) Tahked kehakesed, nagu alumiiniumi- või grafiidipulber, saepuru, parafiin kuulikesed jne.

Nagu loetelust on näha, on siin uuritava vedeliku all mõeldud peamiselt vett, mis praktikas kõige sagedamini mõõtmisele tuleb.

Nii viisi prepareeritud veel lastakse voolata läbi uuritava kanali mudeli, mis on valmistatud mõnest läbipaistvast materjalist: klaas, tselluloid ja mõned muud kunstained, nagu astralon jt. Kanali mudel ise asetatakse veega täidetud klaasnõusse, mille tahud on tasaparalleelsed, et luuta optilisi moonutusi.

Voolamise permanentseks (statsionaarseks) muutumise järele tehakse fotograafiline ülesvõtte täpselt määratud säritusajaga. Kolmedimensiooniliste voolamiste puhul kasutatakse kahte peeglit, nii et saadakse vooluse projektsioonid korruga kolmele perpendikulaarsele tasapinnale (joonis 1).



Joon. 1.

Säritusaeg oleneb täiesti vooluses esinevaist kiirust ja kõigub tavaliselt mõne sekundi ja kuni $1 \cdot 10^{-6}$ sekundi vahel. Viimane säritusaeg saadakse laetud kondensaatori tühjendamisel läbi erilise, õlisgaasiga täidetud toru (Seguin'i Stroborama jt.).

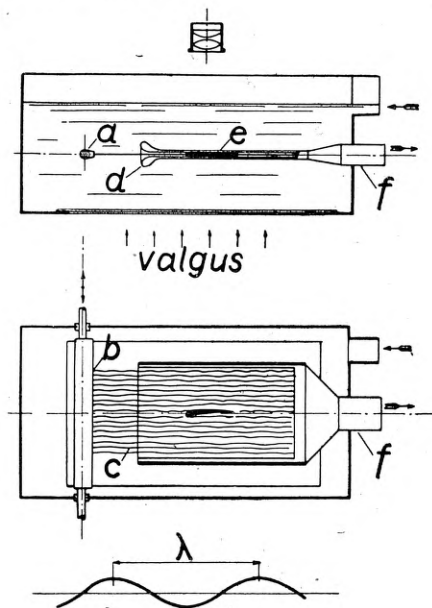
Fotol on iga võõrkehake kujutatud lühema või pikema joonekesena, mis annab meile kulgetud tee pikkuse ja suuna säritusaja jooksul. Maa-stabi saab samalt fotolt mõnd kanali dimensiooni mõõtes.

Joonis 1 kujutab skemaatiliselt seadist veeturbiini difuusoris esinevate voolamiste uurimiseks. Pildil tähendavad: a — difuusori mudel astraloni, b — klaasseintega anum, c ja c' peeglid, mis annavad voolamise projektsioonid kahele perpendikulaarsele tasapinnale, d — vee juurdevool, e — äravool, f — seadis läbivoolava vee hulga määramiseks.

Nii üldjoontes sellest, nn. kronofotogrammeetrilisest mõõtemenetlusest. Mis puutub mõõtesaavete täpsusse, siis see oleneb igal erijuhul esinevaist tingimustest, nii et üldhinnet on raske anda. Keskmiseks mõõteveaks võib lugeda $3 \div 5\%$.

Puudutame veel lühidalt huvitavat Marseille ülikoolis arendatud eelmise meetodi varianti, mis on sobiv kahedimensiooniliste laminaarsete voolamiste uurimiseks.

Toome siinjuures skeemi, mis näitab selle meetodi kasutamist Toussaint-Carafol'i hüdrodünaamilise tunneli juures.



Joon. 2.

Joonisel 2 kujutab a noolte suunas pidevalt edasi-tagasi võnkuvat, profileeritud toru, mis iga $1 \div 3$ cm tagant on varustatud augukesega, kust voolab aniliinvärviga mustaks värvitud vett (c) läbi tunneli (d) ümber mudeli (e) ja sealt äravoolutoru (f).

Fotol on iga värviline veejuga fikseeritud tumeda, lainelise joonena, mille muutuvast lainepikkusest on lihtne määrata voolamiskiirust, kuna lainelise joone keskjoon annab voolujoone.

Tõepoolest, olgu T periood, millega võngub a. Kui V tähistab voolamiskiirust ja λ fotol mõõdetud lainepikkust, saame

$$V = \frac{\lambda}{T}$$

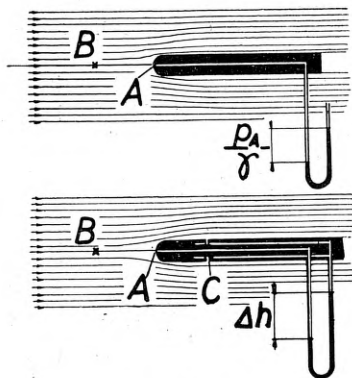
Teise idee kiiruse mõõtmismenetluse kujundamiseks saame vaadeldes ligemalt Bernoulli võrrandit.

Oletades konstantse tihedusega vedelikku ja stacionaarset voolamist, võime horisontaalse elementaarse voolutoru kohta kirjutada punktide 1 ja 2 suhtes:

$$\frac{c_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{c_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + \Sigma k_{12},$$

kus c_1 — voolamiskiirus punktis 1,
 p_1 — rõhk punktis 1,
 γ — vedeliku erikaal,
 Σk_{12} — kadude summa punktide 1 ja 2 vahel.

Selle võrrandi teist liiget on väga lihtne määrata joon. 3-a toodud instrumendi, nn. Pitot toru abil.



Joon. 3-a, 3-b.

Punktis A, mis on hargnemispunktiks voolu joonele BA, $c_A = 0$. Järelikult selles punktis

$$\frac{p_A}{\gamma} = \frac{c_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + \Sigma k_{12}.$$

Distantsil B—A, mis ei ületa praktikas 2÷3 cm, võime julgesti Σk_{12} kõrvale jätta. Kui siis milgi viisil määrata rõhumine punktis B, saame kiiruse

$$c_B = \varphi \sqrt{2g \left(\frac{p_A - p_B}{\gamma} \right)},$$

kus φ on instrumendi vormidest olenev koefitsient.

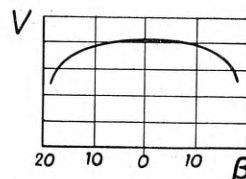
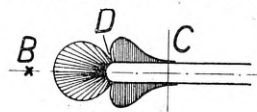
Nii on kiiruse mõõtmine taandatud kahe rõhu p_A ja p_B mõõtmiseks, mis tegelikult sünnib korraga nn. Prandtl'i toru abil (joon. 3-b). Nagu jooniselt on näha, pole Prandtl'i toru midagi muud kui nn. piezomeetri ja Pitot toru kombinatsioon, kusjuures, tänu valitud proportsioonidele, koefitsient $\varphi = 1$. Avaus A mõõdab nagu Pitot torulgi p_A väärtust, kuna C, mis avaneb risti kiiruse suunale, mõõdab ainult staatilist rõhku p_C . Diferentsiaalmanomeeter m, ühendatud joon. 3-b kohaselt, annab siis otse

$$\Delta h = \frac{p_A - p_C}{\gamma}.$$

Nagu valemist on näha, tuleks mõõta rõhku punktis B; tegelikult mõõdame seda punktis C, sest vaadeldes dünaamilise lisarõhu jaotust ümber Prandtl'i toru, saame järgmise pildi (joon. 4-a).

Nagu siit on näha, on staatilise rõhu mõõtmine a priori võimalik punktides D ja C. Kahjuks pole

võimalik toru valmistamisel ära määrata D täpset asukohta. Ka pole see asukoht alati stabiilne. Nii jääb ainsaks võimaluseks mõõtmist toimetada punktis C, kus dünaamiline lisarõhk, mis x-i kasvamisega läheneb asümptootselt nullile, on juba



Joon. 4-a ja b.

praktiliselt null. Muidugi eeldab see, et mõõdetava kiiruse gradient x suunas oleks väike, ja piirab sellega toru kasutamise võimalusi. Teiseks piirajaks on tõik, et praktiliselt ei ole võimalik valmistada torusid läbimõõduga d alla 4÷5 mm. Sellise toru tarvitamine nõuab voolusi, mille põiklõike väikseim dimensioon ei ole alla 4÷5 cm; muidu on toru kui võõrkeha tekitatud perturbatsioon liiga suur.

Hoolimata neist puudustest, on see instrument, ühenduses hea mikromanomeetriga levinumaid, tänu lihtsale ja mugavale käsitlemisviisile. Kiiruse määra mõõtesaabe täpsus oleneb täiesti manomeetrist. Näiteks aerodünaamiliste mõõtmiste puhul, kui manomeetriveredelikuks on vesi, saame, konstante asendades,

$$V = 4 \sqrt{\Delta h},$$

kus V on m/sek. ja Δh mm. Järelikult, kui soovitakse mõõta kiirusi 1 m/sek. piirkonnas, tuleb arvestada $\Delta h \approx 0,06$ mm.

Et saavutada näiteks viga alla 3%, tuleks lugeda Δh ümmarguselt 0,004 mm täpsusega, mis on praktiliselt võimatu. Õnneks kasvab instrumendi tundlikkus

$$\frac{d\Delta h}{dV} = \frac{1}{8} \cdot V$$

proportsionaalselt kiirusega. Nii näiteks 40 m/sek. piirkonnas võib, kui leppida relatiivselt samasuure veaga, lugeda ainult 6 mm täpsusega.

Kuna instrumendi amortisatsiooni tõstmiseks tavaliselt mikromanomeeter on varustatud kapillaartorukesega, siis temaga kahjuks ei ole võimalik jälgida kiiruse võnkumisi juhul, kui nende sagedus ületab teatava piiri.

Mis puutub kiiruse suuna määramist Prandtl'i toru abil, siis oleks targem sellest loobuda, kuna prof. Prandtl'i andmeil on tema torude kalibreerimiskõver $\beta = \pm 10^\circ$ piirides peaaegu täiesti horisontaalne (joon. 4-b). Seega on see instrument

tarvitatav vaid voolustes, kus kiiruse suunda on võimalik a priori ära määrata täpsusega vähemalt $\pm 10^\circ$.

Kolmas idee väljub tõigast, et vooluses asuvalle võörkehale mõjub teatav tung, mis pealegi on voolu võörkeha geomeetrisest vormist.

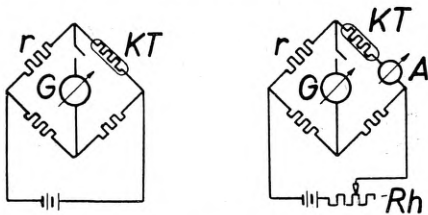
Kui ehitada tuulik, mille tiivad on poolkerakujulised, saame meteoroloogilisteks vaatlusteks kasutatava anemomeetri. Andes tiibadele aga laevapropelleri kuju, saame nn. Ott'i veskikese, mida tarvitatakse voolamiskiiruste määramiseks suure põiklõikega kanalites. Pikemalt me nende üldtuntud instrumentide juures ei peatu.

Peale ülaltoodud, eranditult kiiruse mehaanilistele toimetele rajatud menetluste on viimasel ajal leidnud kasutamist uus, kiiruse füüsikalisele toimel põhjendatav, nn. kuumtraat-anemomeetermenetlus, mille viimstlemise kallal oli ka nende ridade autoril juhus töötada Nancy ülikooli laboratooriumides.

Peenike elektrivoolu all olev metalltraat asetatakse voolusesse risti kiiruse suunale. Sellega luuakse forsseeritud konvektsioon, mille tagajärjel traadi esialgne temperatuur langeb, ühes sellega ka ta elektriline takistus R . Seega

$$R=f(V).$$

Elektrilist takistust on lihtne mõõta suure täpsusega. Joon. 5-a toob lülituse põhimõtte. Nagu sellest on näha, on meil tegemist lihtsa Wheatstone'i sillaga, mis tasakaalustatakse r muutmise teel kiiruse olles $V=0$. Kui nüüd V -le anda mõni muu väärtus, siis kuumtraat KT jahtudes muudab oma takistuse, ja galvanomeetri G hälve annab, muidugi pärast instrumendi kalibreerimist, V väärtuse. See oleks üks võimalus.



Joon. 5-a ja 5-b.

Tihti on aga soovitamav tarvitada järgmist varianti: kiiruse mõjul muutunud kuumtraadi elektriline takistus R viiakse tagasi ta esialgsele väärtusele R_0 , reostaadi R_h abil voolutugevust suurendades, kuni sild uuesti tasakaalustub. Ampermeetri A annab siis kiiruse mõõdu. Siin on meil järelikult

$$I=h(V).$$

See variant on eriti sobiv juhul, kui mõõdetav kiirus muutub suurtes piirides, kuna siin traadi temperatuur ei ole kiirusest, vaid püsib konstantsena, mis on kasulik traadi eale. Samuti on sel variandil parem tundlikkus suurte kiiruste puhul. Vaatleme allpool seda varianti pikemalt (joon. 5-b).

Teoreetikuid on huvitanud seos I ja V vahel. King ja Boussinesq on, kumbki iseseisvalt ja palju lihtsustavaid oletusi tehes, leidnud:

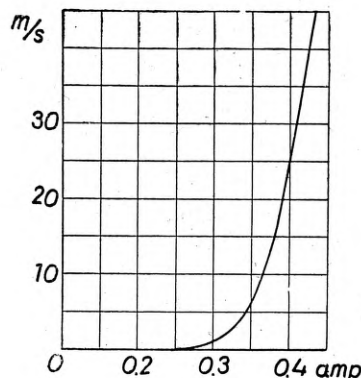
$$I=A\sqrt[4]{V}+B,$$

kusjuures A on konstant teatava traadi ja algtemperatuuri jaoks ja

B on vool, mis läbib traati kui $V=0$.

Seega $B=I_0$.

Joon. 6 toob 0,022-mm-se läbimõõduga 6-mm-se pikkuse plaatina-iriidiumtraadi karakteristikat.



Joon. 6.

Nagu sellest on näha, on sellise traadi tundlikkus suurte kiiruste puhul halb. Tõepoolest,

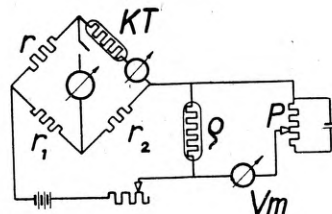
$$\frac{dI}{dV} = \frac{A}{4} \cdot \frac{1}{V^{3/4}};$$

järelikult $\frac{dI}{dV}$ väheneb V kasvades.

Seda halba külge on aga võimalik kõrvaldada, kompenseerides antud seost mingi teise sobivalt valitud, samuti mittelineaarse seosega, nii et resultant oleks enam-vähem lineaarne.

Kompensatsiooniks sobivaid fenomeene on mitu: esimesena tuleb muidugi kõne alla metallide omadus elektrilist takistust muuta temperatuuri mõjul. Samuti sobib ka triodi võrepinge/anoodvool-karakteristika.

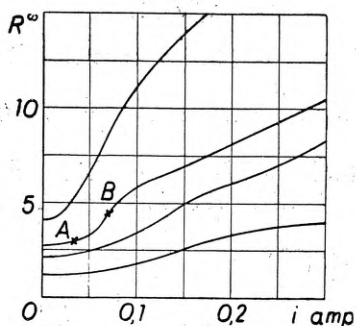
Esimest võimalust kasutas esimesena inglase Callendar. Mõningate täiendustega on kasutatud skeem järgmine (joon. 7-a):



Joon. 7-a.

Kui r_1 ja r_2 valida suured võrreldes r ja kuumtraadi KT takistusega, siis praktiliselt kogu vool, mis läbib anemomeetrit, läbib ka takistust ρ . Autor on edukalt kasutanud selliseks takistuseks mitu paralleelselt lülitatud plaatinast või volframist traati, mis on asetatud õhust tühjaks pumbatud

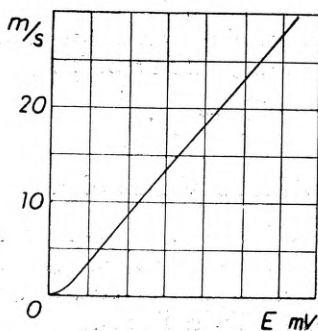
kläaskolbi. Selliste traatide ρ/l -karakteristika on toodud joonisel 7-b. Sobiva traatide arvu, õhuhõreduse jne. korral võib leida mõni intervall,



Joon. 7-b.

nagu seda on joonisel (A—B), kus $\rho = f(l)$ muutub nii, et ta otsatäppidele asetatud voltmeetri V_m hälve oleks proportsionaalne voolamiskiirusega.

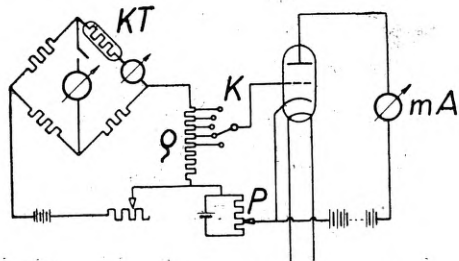
Potentsiomeetrit P reguleeritakse nii, et $V=0$ vastaks hälve 0. Sel viisil saavutatakse praktiliselt (viga alla 0,5%) lineaarne karakteristik võrdlemisi suurel ulatusel (joon. 7-c).



Joon. 7-c.

Selle menetluse taamusena tuleks mainida, et takistuse ρ termiline inertis on võrdlemisi suur. Seega on võimatu sellise kompensatsiooni tarvitamisel mõõta kiireid kiiruse võnkumisi.

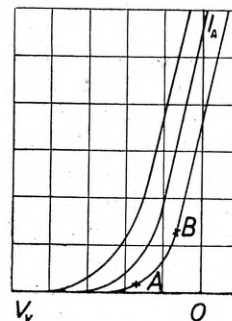
Teine menetlus, kus kasutatakse praktiliselt inertsitut trioodi, on vaba eelmainitud taamusest. Autori kasutatud lülitus on järgmine:



Joon. 8-a.

Kompensatsiooni käik on analoogiline eelnevale. Anoodvoolu milliampermeeter mA annab voolamiskiirusega proportsionaalse hälbe.

Takistuse ρ väärtus ei sõltu siin temperatuuri mõjust. Potentsiomeetri P abil on võimalik nihutada punkt A karakteristikal sobivasse kohta. Kommutaatori K abil saab intervalli (A—B) ulatust muuta. Tänu neile reguleerimisvõimalusile ei ole sobiva karakteristikaga lambi leidmine liiga

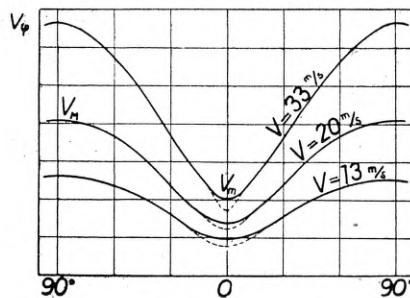


Joon. 8-b.

raske. Milliampermeetri hälve tingimusel, et $V=0$, on siin nii väike, et teda on võimalik kõrvaldada lihtsalt instrumendi nullseisu muutes. Karakteristika on lineaarne täies ulatuses (0÷50 m/sek. autori katsetel).

Kõik ülaltoodu kehtib juhul, kui kuumtraat on asetatud voolusesse risti kiirusvektori suunaga. Vaatleme nüüd, kuidas reageerib kuumtraatanomeeter kiiruse suuna muutumisele.

Alustame kahedimensioonilise voolamise uurimisega. Olgu xy voolamise tasapind. Asetame kuumtraadi AB samasse pinda nii, et teda oleks võimalik pöörata ümber telje oz , mis on risti tasapinnaga xy . Olgu φ nurk kiirusvektori ja traadi AB vahel (joon. 10).

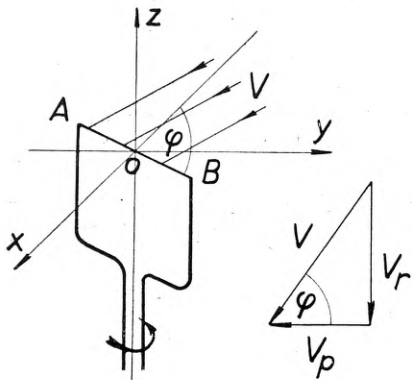


Joon. 9.

Katsed näitavad, et anemomeetri osutatud kiirus V_φ sõltub nurga φ väärtusest. Joon. 9 kujutab eksperimentaalselt saadud seost näilise kiiruse V_φ ja nurga φ vahel mitmesuguste tegelike kiiruste V puhul.

Ziegler (Delft) on püüdnud leida seosele matemaatilist väljendust. Ta mõttekäik on küllalt huvitav, et see siin esile tuua.

Nagu joonisel 9 on näha, muutub V_φ kahe ekstreemväärtuse: V_M (kui $\varphi=90^\circ$) ja V_m (kui



Joon. 10.

$\varphi=180^\circ$) — vahel. Olgu a nende V_φ piirväärtuste suhe. On selge, et $a=g(V)$.

Teiselt poolt alati on võimalik jagada \vec{V} kaheks komponendiks: V_r ja V_p , millest esimene on risti ja teine paralleelne AB-ga. Neist esimene jahutab traati, nagu seda nägi ette kalibreerimine, mis toimus risti-asendis, kuna teine teeb seda vähem, olles traadiga paralleelne, ja nimelt a korda vähem. Järelikult anemomeetri näidatud näilist kiirust V_φ võib vaadelda kui kahe kiirusvektori \vec{V}_r ja $a\vec{V}_p$ geomeetrilist summat. Seega

$$V_\varphi = \sqrt{V_r^2 + a^2 V_p^2}$$

Kuid, kuna $V_r = V \sin \varphi$ ja

$V_p = V \cos \varphi$, saame

$$V_\varphi = V \sqrt{\sin^2 \varphi + a^2 \cos^2 \varphi}$$

Üldiselt sobib see valem asja eksperimentaalse küljega hästi. Tuleb ainult hoolitseda, et jootekohad A ja B oleksid nii väikesed kui võimalik; eriti tähtis on see lühikeste traatide puhul. Muidu jääb piiri $\varphi=180^\circ$ läheduses traat jootekohtade aerodünaamilisse „varju“, mille tagajärjel tekib joonisel 9 katkendilise joonega näidatud kõver.

See Ziegleri poolt tuletatud meetod evib kahe-dimensioonilise voolamise korral ainult puht-teoreetilist väärtust. Praktiliselt on palju lihtsam kiiruse suuna leidmiseks otsida anemomeetri hälbe miinimumi, mis on eriti terav. Absoluutne viga ei ületa sealjuures $30'$.

Kuid huvitav on see, et Ziegler ei märganud, et seda meetodit on võimalik edukalt rakendada kolmedimensiooniliste voolamiste uurimisel: kahe mõõtmisega on võimalik kiirusvektorit täielikult määrata.

Selleks kasutatava kuumtraadi kalibreerime, s. o. konstrueerime kõvera $V=f(I)$ nii $\varphi=90^\circ$ kui ka $\varphi=180^\circ$ jaoks. Samuti konstrueerime, kasutades eelmisi mõõtmisi, kõvera $a = \frac{V_m}{V_M} = g(V)$.

Olgu nüüd mõõta teatava kolmedimensioonilise voolamise punktis O valitsev kiirus \vec{V} .

Asetame kuumtraat nii, et ta keskkohk langeks ühte O-ga (joon. 11). Pöörates kuumtraati üm-

ber telje oz, otsime hälbe maksimumi. Loomulikult on maksimumi puhul kuumtraat AB risti kiiruse \vec{V} -ga, ja seejuures mõõdetud väärtus on kiiruse tegelik määr.

Siis, pööranud traadi 90° võrra ümber oz, asendisse A'B', mõõdame näilise kiiruse V_φ . Rakendades Ziegleri valemit, saame nurga φ lihtsalt.

Tõepoolest, esimene mõõtmine annab meile V, teine V_φ ja a saame varemkonstrueeritud kõveralt. Teades nurka φ ja olles ära märkinud tasapinna A'B'OZ asendi, olemegi määranud otsitud kiiruse suuna.

Märgime siin, et mehaanilise läbiviimise poolt ei aseta see meetod mingit kaelamurdvat nõuet: tuleb vaid realiseerida roteeriv liikumine ümber üheainsa telje oz ja translatsioon sama telje suunas.

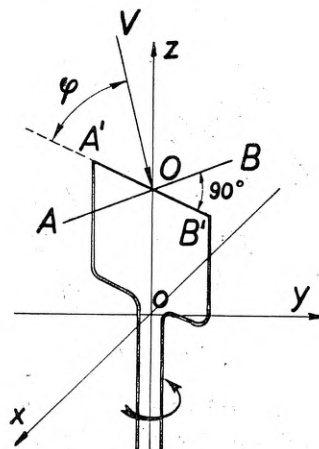
Mõõteviga on täiesti sellest, kuidas kasutatav traat rahuldab Ziegleri võrrandit. Autoril on õnnestunud konstrueerida traate, mille kasutamisel viga φ mõõtmisel ei ületanud 3% kiiruste intervallis 10–50 m/sek.

Siiani eeldasime statsionaarset voolamist. Kuid tihti tekib vajadus just kiiruse fluktuatsioonide jälgida. Ka selleks on kuumtraatanemomeeter kohane; näiteks ühenduses katoodkiirte otsillograafia. Aga tuleb võtta arvesse seda, et kuumtraat evib teatavat termilist inertsi, kuna endastmõistetavalt ta temperatuur ei kohane silmapilkselt uuele kiirusele, vaid jahtumine, resp. kuumenemine nõuab teatavat aega. Dr. Mayer-Schuchard toob järgmise, kaunis kohmaka arvestuse, mille eemuseks on see, et ta viib hõlpsasti integreeritava diferentsiaalvõrrandile.

Olgu Q ajaühiku jooksul traati voolav soojusenergia, a traadi soojakao-arv, P traadi välispind, R traadi kaal ja c traadi erisoojus. Edasi olgu Θ traadi hetkeline ülekuumumus võrreldes ümbresee temperatuuriga ja Θ_1 piir, millele ligineb Θ kui aeg $t \rightarrow \infty$; Θ_1 on traadi termilise tasakaalu temperatuur.

Siis, oletades, et hetkel $t=0$ traat on külm, võime mõnel hilisemal hetkel kirjutada, kuna soojusenergia on konservatiivne, et

$$Q dt = aP \Theta dt + Rc d\Theta \dots \dots \dots (1)$$



Joon. 11.

Teiselt poolt,

$$\Theta_1 = \frac{Q}{aP} \dots \dots \dots (2)$$

Asemele pannes (2) (1)-te ja ümber rühmitades saame, oletades, et Q ja a on konstantsed (mis on aga ainult ligikaudselt nii),

$$\frac{d\Theta}{dt} + \frac{1}{k} \Theta = \frac{\Theta_1}{k},$$

s. o. lineaarse esimese järgu diferentsiaalvõrrandi teise liikmega. Selle klassilise võrrandi lahendus on teatavasti

$$\Theta = \Theta_1 + Ce^{-\frac{t}{k}};$$

arvestades eelduses mainitud tingimust, saame

$$C = -\Theta_1.$$

Seega

$$\Theta = \Theta_1 \left(1 - e^{-\frac{aP}{Rc} t} \right).$$

Analoogiline valem esineb tihti elektrotehnikas; kasutades seal esinevaid oskussõnu, nimetame suuruse $\frac{Rc}{aP} = T$ traadi ajakonstandiks. Ringikujulise põiklõikega traadi puhul saame $T = \frac{r \cdot \gamma C}{a}$,

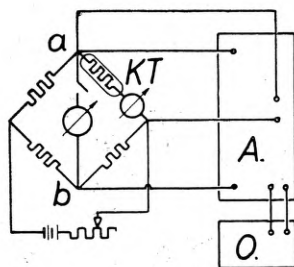
kus r on põiklõike raadius. Nagu näha, pole T midagi muud kui aeg, mille jooksul traat saavutab temperatuuri, mis on

$$\frac{e-1}{e} \cdot \Theta_1 = 0,63 \Theta_1.$$

Illustreeriva näitena olgu toodud, et plaatinast traadil, mille läbimõõt $D=0,02$ mm ja $\Theta_1 = 1300^\circ$ K, $T \approx 10^{-2}$ sek. Järelikult termiline inerts on siin küllalt suur.

Esimene samm selle vähendamiseks on muidugi vähendada traadi läbimõõtu. Piiriks, mille ületamine on praktiliselt võimatu, on siin $D=0,005$ mm. $\Theta_1=900^\circ$ K juures on $T \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$ sek, seega selline traat suudab hästi järgida isegi õige kiireid võnkumisi.

Teine lahendus on puht-elektriline. Traat hoitakse automaatselt konstantsel temperatuuril ja registreeritakse selleks tarvilik elektrilise energia hulk igal hetkel. Põhimõttelt on kasutatav lülitus järgmine:

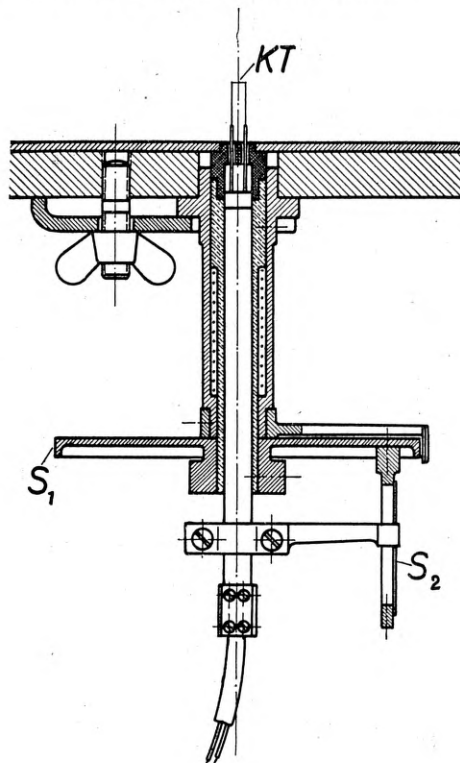


Joon. 12.

Eeldame silla tasakaalu kiiruse olles V . (Traati kuumendab patarei P vool.) Täpid a ja b evivad samakõrge potentsiaali.

Niipea kui V väärtus muutub, rikundub silla tasakaal, ja sellest tekkinud potentsiaalivahe a ja b vahel kutsub esile läbi vastava aparadi A lisavoolu, mis uuesti silla tasakaalustab, KT takistust muutes. Seda lisavoolu registreerib ostsillograaf O ja sel teel saadakse täpne pilt V fluktuatsioonidest.

Lõppeks veel mõni sõna kuumtraatanemomeetri realiseerimise ja kasutamise kohta.



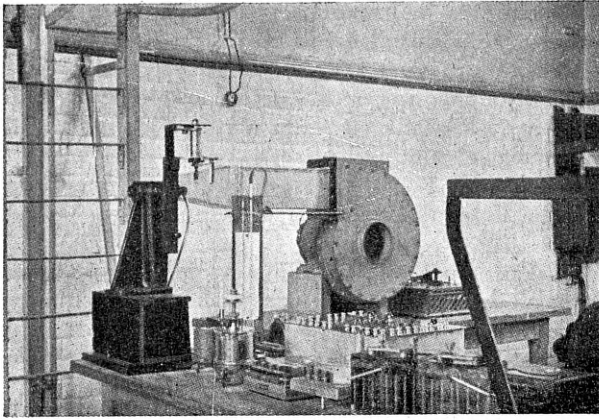
Joon. 13.

Joon. 13 kujutab autori konstrueeritud, Nancy ülikooli laboratooriumis kasutamisel olnud kuumtraati. Vastavalt kahele vabaduskraadile, evib see instrument kaht skaalat: S_1 jaotusega kraadides nurga φ määramiseks ja S_2 jaotusega millimeetrites translatsiooni o määramiseks.

Anemomeetri andmed on järgmised: traat — iriidiumi lisandusega plaatina, $D=0,022$ mm, pikkus 5 mm, punktides A ja B plaatinast hoidetraadidele ($D=0,3$ mm) kullaga joodetud. Edasi on hoidetraadid niklist ($D=1$ mm).

Juhul, kui tarvitatakse veel peenemat traati, läbimõõduga kuni 0,005 mm, tuleb kõne alla ainult nn. wollastoneeritud traat, s. o. mõne sajandiku millimeetri paksuse hõbedakihi kaetud peenike plaatinatraat. Peale traadi kohalejootmist lahustatakse tugevust andev hõbedakiht lämmastikhappes. Et selline 0,005 mm läbimõõduga traat on äärmiselt õrn, seda on vist liigne siinkohal rõhutada.

Traadi kalibreerimine viidi läbi, mõõtes selleks kohandatud ventilaatori antud kiiruse esiteks kuumtraadi abil, siis Prandtli toru abil. Eriline seadis hoolitseb, et mõlemad mõõtmised toimuksid vooluse samas punktis. Joon. 14 kujutab ka-



Joon. 14.

libreerimisest. Esiplaanil on näha anemomeetri juurde kuuluv elektriline aparaat ja mikromomeeter.

Mainime veel lühidalt, et mitmed eksperimenteerijad on märganud kalibreerimiskõvera sagedast ebastabiilsust. Seletusi sellele nähtusele on otsitud mitmesuguseid, kuid näib, et siin on tegemist aerodünaamiliste jõudude toimel tekkiva traadi metalli rekristallisatsiooniga. Töötades temperatuuril, mis ületavad kasutatud metalli nn. järelelaskmisetemperatuuri, pole seda segavat nähtust enam märgata.

Kuumtraatanemomeeter on nagu Prandtl'i torugi kasutatav nii õhu- kui ka veevoolamiste uurimiseks. Võrreldes Prandtl'i toruga ta evib suurt suunatundlikkust, ka kolmedimensiooniliste voolamiste mõõtmisel; teda on võimalik muuta inertsiabaks, ta skaala on proportsionaalne mõõde-

tava kiirusega lõpuks, tänu väikesele kogusele, ta tekitatud perturbatsioonid on väga väikesed. Teiselt poolt, ta on aga väga õrn ja tundlik välismõjude vastu, ja nõuab eksperimenteerijalt suuri kogemusi.

H. LEPIKSON: SUR LA DETERMINATION EXPERIMENTALE DE VITESSES D'UN ECOULEMENT FLUIDE.

C'est l'équation de dimensions de la vitesse, $V=LT^{-1}$ qui nous suggère la première méthode de mesure: la méthode chronophotogrammétrique. La figure 1 indique le dispositif expérimental utilisé dans le cas des écoulements à trois dimensions.

Le schéma d'une variante de la méthode précédente, avantageuse dans le cas des écoulements plans, est donné par la figure 2.

La méthode la plus courante utilise le tube de Prandtl. L'application de l'équation de Bernoulli nous donne une idée sur son fonctionnement. (Fig. 3 à 4).

Un certain nombre de méthodes sont basés sur l'effet dynamique de la vitesse, comme le moulinet d'Ott etc. Finalement, une méthode intéressante applique l'effet physique du vent: le refroidissement par la convection forcée d'un fil métallique, chauffé par un courant électrique. C'est la méthode de l'anémomètre à fil chaud.

L'effet brut n'est pas commode à utiliser pour de grandes vitesses, à cause de la décroissance de la sensibilité. (Fig. 6). Mais il est facile de linéariser cette caractéristique. La figure 7 donne le schéma de Callendar, la fig. 8 indique le montage utilisé par l'auteur au laboratoire de l'Université de Nancy.

La figure 12 donne le principe de la compensation de l'inertie thermique du fil, utilisable pour l'étude de la turbulence.

Le fil chaud est sensible à la direction de la vitesse, et même dans le cas de l'écoulement à trois dimensions, deux mesures suffisent pour déterminer entièrement la vitesse.

Les figures 13 et 14 donnent deux vues de la réalisation d'une sonde à fil chaud, utilisée à Nancy.

Kas jäähäired ähvardavad Narva veejõujaama?

Ins. A. Velner, IK.

Viimase veerandsajandi uurimised vee kristalliseerumise protsessi üle vooluveses on toonud asjasse palju selgust; on jõutud nii kaugele, et on võimalik ette arvutada jäähulki jõgedes antud hüdrometeoroloogilises olukorras. See asjaolu tähendab suurt edu eriti veejõu kasutamisel põhjamaadel.

Moodsate vaadete järgi¹⁾ samastatakse vee kristalliseerumise protsessi füüsikalise-keemilisest seisukohast füüsilise keha agregadi muutumise protsessiga. Nende vaadete järgi vesi auru näol koosneb H₂O-molekulidest. Vees molekulid koonduvad dihüdroolideks (H₂O)₂ ja trihüdroolideks (H₂O)₃, mille hulk temperatuuri alanemisega kasvab. Temperatuuri lähenedes 0° C moodustuvad need hüdroolid agregaatide, kuhu kuuluvad kõik vee molekulid. Nendes agregaatides molekulid orienteeruvad, olgugi ebastabiilselt, kristalli telgedele sihis. Ülekülmendatud vees on agregaatide orientatsioon, s. t. tung tahksesse olekusse üleminekuks eriti tugev. Hüdroolide agregadi kristal-

lik muutumine osutub võimalikuks vaid piirkihitides tahkse keha kõrval, ka õhumulli ümber, s. t. teatud kristallisatsioonikeskuste ümber. Jääkristallide tekkimist vooluveses olevate miriaadide tolmuühemete ümber ja voolusängi pinnal tuleb pidada jäätumise loomulikuks protsessiks. Seda nähtust kinnitavad loendamatud vaatlused looduses ja laboratoorses olukorras. Enne nähtava jää ilmumist jõgedel on alanud kogu veemassis jää kristallide tekkimine. Sellele järgnevad juba väga mitmesugused jäänähud põhja- ja pinnajää näol.

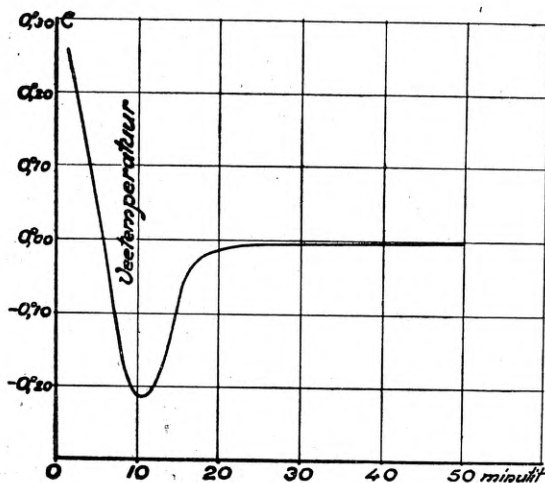
Väga oluliseks tuleb pidada asjaolu, et vee kristalliseerumine algab alles vee ülekülmendumisel. Hulk laboratoorseid katseid, sooritatud V. Altbergi²⁾ ja tema õpilaste poolt, tõendavad, et vee ülekülmendus ulatub kuni ca -0,20° C; temperatuuri langedes sellele piirile algab inten-

¹⁾ V. Altberg, Venes; Olaf Devik, Norras.

²⁾ V. Altberg. Twenty years of work in the domain of underwater ice formation (1915—1935);

International Commission of Snow. Edimbourg 1936.

siivne jääkristallide eraldumine, ühtlasi veetemperatuur tõuseb kristallisatsioonisooja arvel; vee temperatuuri jäädes alla nulli kestab soodsa meteoroloogilise olukorra puhul vee kristalliseerumine. Joon. 1 näidatud diagrammiga sarnaseid



Joon. 1.

on V. Altberg mõõtnud mitmetes jõgedes kokku üle 100. Kõik need mõõtmised näitavad, et vee kristalliseerumisele eelneb ülekülmendus.

Meil tehtud vaatlused — dr. G. Lüscher'i poolt Narva jõel 1898/99. a. — ja Sisevete Uurimise Büroo poolt aastatel 1921—23 ja hiljemgi, ei ole avastanud vee ülekülmendumist ja selle põhjal on meil tekkinud vaade, nagu sünniks Narva jõel intensiivne jääkristallide tekkimine vee temperatuuri olles mõne sajandiku kraadi võrra üle nulli³⁾. Säärane vaade seletub asjaoluga, et siinseil vaatlejail puudusid moodsad abinõud vee temperatuuri mõõtmiseks $\pm 0^\circ \text{C}$ piires, ja ka nähtusega, et embrionaalse jää kristallid püsivad ja koguni liituvadki üksteisega veel vees, mille temperatuur on mõned sajandikud kraadi üle nulli. Kuid kindlasti on meil selle vaate juurdumisel etendanud osa ka eelarvamus, sest meilgi on vaatlustel registreeritud vee miinus-temperatuure, kuid neile pole omistatud tähelepanuväärsust; otse ümberpöörduvalt, neid on loetud ekslikeks.

Moodsate vaadete järgi järgneb vee ülekülmendumisele tormiline jääkristallide eraldumine. Lobjaku ilmumisel ja osalise jääkate tekkimisel piirikiht vee ja õhkkonna vahel väheneb; ühtlasi väheneb veepinnalt sooja kadu ja ühtlasi sellega ka jääkristallide tekkimise intensiivsus. Veepinna kattudes kindla jääga, kaob ka jääkristallide tekkimine vooluvee massis.

Praeguste veejõuseadmete juures Narva jõel võib tähele panna, et eriti siis on jäähäirete võimalused suured, kui Narva jõgi pole veel üleni kattunud jääga. Tasasema vooluga jõe osadel kindla jääkate ilmumisel jäävad kärejad jõesad küll edasi kindla jääkatteta ja seal kestab edasigi jää produktsioon, kuid mitte nii tormilisel kujul

kui esimeses jääilmumise perioodis, ja selle tõttu häirete võimalused on sellal juba vähemad.

Narva praegused jõuseadmed asuvad jää suhtes eriti ebasoodsas olukorras, sest otse ülalpool neid asuv kärestik ca 3 km ulatusel ja ca 750.000 m² suurusel pindalal käreda voolu tõttu ei kattu üldse kindla jääga ja see lahtine jõeosa töötab soodsa ilmastiku puhul otseses mõttes kui jäävabrik.

Narva suure veejõujaama projektide puhul on kaheldud, kas ka selle veejõujaama eksploatatsioonis ei tule oodata jäähäireid, lähtudes analoogilistest nähtustest praeguste jõuseadmete juures. Selle küsimuse selgitamisel tuleb pidada silmas, et projekt näeb ette Kreenholmi kärestike süvendamist saarte vahelistes harudes selleks, et vähendada voolu kiirust, ja et need kärestikud kaetakse paisveega, mille tõttu praegused kärestikud peaksid kattuma kindla jääga üheaegselt muu jõe osaga kuni Pljussa suudmeni ja veel ülespoolegi. Jää tekkimise esimeses perioodis, mille ees käib vee ülekülmenemine, leiab küll aset jääkristallide tekkimine, kuid tasase vooluga ja seetõttu nõrga turbulentsusega jões jääkristallide tekkimine on vähem intensiivne kui praegusis kärestikes; seega ka selles esimeses perioodis võib oodata vähem jääproduktsiooni kristallide näol kui praeguses olukorras. Pärast paistiigi kattumist kindla jääga tõenäoliselt hoopis kaovad jäänähud suure jõujaama jõukanalis. On võimalik vaid kindla jää ribade tekkimine piki jõukanali kallast. Need ribad lahti pääsedes kogunevad jõujaama eelsesse tiiki, kus nad liituvad pinnajääks- või nad kantakse tükkides vooluga turbiinidest läbi. Võib ennustada, et jõukanalis ohtlikke põhjajää nähte ja lobjakut pärast paistiigi kinnikülmumist ei ilmu, ja seda järgmistel põhjustel: Senised tähelepanekud Narva jõel näitavad, et pärast kindla jääkate ilmumist ja õhutemperatuuri tõusul (kuigi see jääb alla nulli) hakkab varsti jääkate õhenema ja kaduma, alates Vasknarvast allapoole. Soe järve vesi sööb jää alt ära. Järve vesi jää all allapoole liikudes küll iaheneb, kuid järve veele lisandub põhjavesi, mille tõttu kogu veemassi temperatuur püsib mõne sajandiku kraadi võrra üle nulli. Sellest piisab, et soojakao gradiendi puudumisel lakkab jää paksenemine ja selle vastu algab koguni ta sööbumine. Vesi temperatuuriga üle nulli satub nii siis paistiigist jõukanali. Intensiivne jääkristallide tekkimine saab alata siin alles vee ülekülmenedes, nagu eespool nägime, kuni ca $-0,20^\circ \text{C}$ võrra. Pole raske arvutuse najal näidata, et ülekülmenemine niisugusel määral ei ole võimalik, ja seega häirivad jäänähud ei ole siin enam võimalikud.

Soojavahetus vee voolus sünnib peaaesjalikult vaba pinna kaudu; soojavahetus voolusängi kaudu moodustab talve kestel vaid ca 1÷2% kogu soojavahetusest. Olgu soojakadu vabalt pinnalt

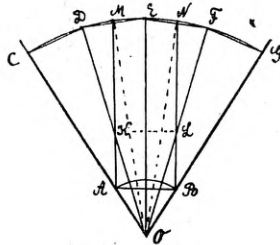
$$M \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sek}}, \quad Q \text{ — vooluhulk cm}^3/\text{sek}, \quad S \text{ — vaba}$$

pinna ala antud vooluosas cm², Δt — vee temperatuuri alanemine antud vooluosas $^\circ\text{C}$. Nende

³⁾ A. Velner. Narva jõe uurimise andmed, Tallinn. 1923.

võrdub siis ka kõõl DE antud kõõlule AB, mida oligi vaja tõestada.

Kõõlu AB suhtes võiksime nimetada kaart CE kahekõõluliseks ehk kahepingeliseks (sõnast ping-joon) kaareks. Kahepingelise kaare asendi leidmiseks ei olegi vaja mõlemaid ristjooni AK ja BL vaid ühte neist, millele tähistatakse pikkus OA elik OB. Kaar CE on ristjoonte läbi jagatud neljaks võrdseks osaks, sest $CK=KD=DL=LE$.

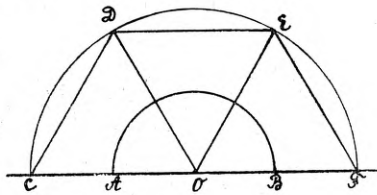


Joon. 2.

Kui aga tahame leida neljapingelise kaare asendit, mille antud kõõl AB jagab neljaks (joon. 2), siis püstitame kõõlule AB ristjoon AM või BN, millel tähistame $AK=OA$ ja $KM=OK$ (või vastavalt $BL=OB$ ja $LN=OL$). Raadiusega OM elik ON tõmmatud kaar ongi nõutav neljapingeline AB suhtes ja ta kõõlud CD, DE, EF ja FG võrduvad AB. Eespool toodud tõestuse järgi on kaar DF kõõlu $KL=AB$ suhtes kahepingeline; seega temast 2 korda pikem kaar CG on sama kõõlu suhtes neljapingeline.

Talitades edasi sama põhimõtte järgi, võime leida 8-, 16- ja üldse 2^n -pingeliste kaarte geometrilised asendid.

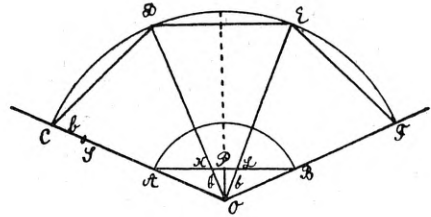
Kuna matemaatika on eksaktne teadus, kus midagi ei toimu juhuslikult, vaid kindlate reeglite põhjal, siis tohib oletada, et ka kolmepingeliste kaarte geometriline asend sõltub reeglipäraselt nurga muudest elementidest.



Joon. 3.

Seda näeme kõige pealt sirgnurgal (joon. 3). Tõmmanud punktist O raadiusega OA kaare AB ja raadiusega $OC=2OA$ kaare CF, saame kaare CF jagada kolmeks kõõlu AB abil, sest väiksema poolringi diameeter AB võrdub ühtlasi suurema poolringi raadiusele ning jagab seega suurema poolringi täpselt kolmeks. Kõõlud CD, DE ja EF võrduvad AB ning kolmepingelise kaare raadius sirgnurgas võrdub täpselt kahele antud kaare raadiusele.

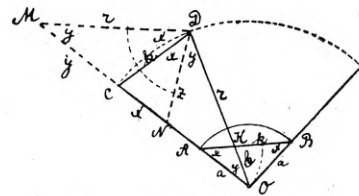
Kui võtame sirgnurgast vähema nurga COF (joon. 4), mis on juba jagatud kolmeks, kusjuures kõõlud CD, DE ja EF võrduvad antud kõõlule AB, siis märkame, et kaare CF raadius OC



Joon. 4.

ületab $2OA$ pikkuse SC võrra, mille nimetame lühendatult b. Mida teravam on nurk, seda pikem OA suhtes on b. Võrreldes seda pikkust nurga teiste elementidega, leiame, et nurga kolmeks jagajate raadiuste OD ja OE osad nurga tipust O kuni lõikumiseni kõõluga AB punktides K ja L samuti võrduvad b, s. o. $SC=OK=OL$. Näiteks, kui $\angle COF=132^\circ$ ja raadius $OA=1$, siis kõõl $AB=2 \sin \frac{132^\circ}{2}=2 \sin 66^\circ=1,82710$. Niisama pikad on ka kõõlud CD, DE ja EF. Ristjoon $OP=\cos \frac{132^\circ}{2}=\cos 66^\circ=0,40674$. $\angle KOP=\frac{132^\circ}{6}=22^\circ$, seega sama ristjoon OP on sirglõigu $OK=1$ suhtes $\cos 22^\circ=0,92718$. Sirglõigu OK pikkus on siis $(\cos 66^\circ : \cos 22^\circ)=0,40674 : 0,92718=0,43868$. Eeldades, et $OK=b$, oleks raadiuse OC pikkus $2+0,43868=2,43868$, mille järeldukel kõõlu CD pikkus peaks olema $2,43868 \cdot 2 \sin \frac{132^\circ}{6}=2,43868 \cdot 2 \sin 22^\circ=2,43868 \cdot 2 \cdot 0,37461=1,82710$, nagu see tegelikult ongi.

Väite tõestuseks, et $OC=2OA+OK$, pikendame OC ja paigutame $\angle BAO=\angle ABO=x$ tipu D



Joon. 5.

juurde sirglõigust DC kahele poole; saame DM ja DN (joon. 5). On näha, et $\angle ODN=\angle DOC=\angle DMO=y$, sest $\angle BAO=x=\frac{2d-3y}{2}=d-\frac{3}{2}y$; nurgad ODC ja OCD $=\frac{2d-y}{2}=d-\frac{y}{2}$, seega nurgad ODN ja DMO $=\left(d-\frac{y}{2}\right)-\left(d-\frac{3}{2}y\right)=d-\frac{y}{2}-d+\frac{3}{2}y=y=\angle DOC$. Sellest järeldub, et $MD=OD$ ja $DN=ON$. Kuna ka $\angle KOB=\angle CND=2y$, siis $\triangle OKB$ sarnleb $\triangle NCD$ ja $\triangle OAK$ sarnleb $\triangle MDC$.

Sirglõikude kohta tarvitame järgmisi lühendeid:

$$\begin{aligned} OA=OB &= a \\ OC=OD=DM &= r \\ DC=AB &= k \\ OK &= b \\ CN &= x \\ CM &= y \\ DN=ON &= z \end{aligned}$$

$\triangle OKB$ ja $\triangle NCD$ sarnasusest järgneb:

$$\frac{KB}{b} = \frac{CD}{CN} = \frac{k}{x}$$

$\triangle OAK$ ja $\triangle MDC$ sarnasusest järgneb:

$$\frac{KA}{b} = \frac{CD}{CM} = \frac{k}{y}$$

Liites järeldame: $\frac{KB+KA}{b} = k\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{y}\right)$

ehk (kuna $KB+KA=AB=k$):

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}, \text{ mida võib järgmiselt ümber kujundada:}$$

$$= q \frac{xy}{x+y} \dots \dots \dots (1. \text{ võrrand})$$

$\triangle OKB$ ja $\triangle NCD$ sarnasusest järgneb veel:

$$\frac{b}{a} = \frac{x}{z} \dots \dots \dots (2. \text{ võrrand})$$

Et DC on $\triangle MDN$ nurgapoolitaja, siis

$$\frac{MC}{CN} = \frac{DM}{DN}, \text{ tähendab } \frac{y}{x} = \frac{r}{z} \dots \dots (3. \text{ võrrand})$$

Lõpuks $OC-CN=ON$, tähendab

$$r-x=z \dots \dots \dots (4. \text{ võrrand})$$

Nüüd jääb veel lahendada need võrrandid algebraliselt:

3. võrrand annab: $y = \frac{r}{z}x = r \frac{x}{z} = \frac{rb}{a}$

(2. võrrandi põhjal).

Ka annab nüüd 3. võrrand:

$$z = \frac{rx}{y} = \frac{rxa}{rb} = \frac{ax}{b}$$

Seega annab 4. võrrand:

$$r-x = \frac{ax}{b} \text{ ehk } br = bx + ax$$

$$\text{ning } x = \frac{br}{a+b}$$

Asetades leitud x ja y 1. võrrandisse, järeldame:

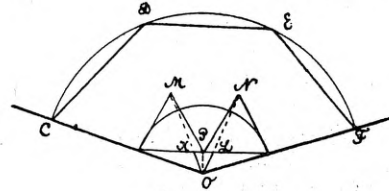
$$b = \frac{\frac{br}{a+b} \cdot \frac{rb}{a}}{\frac{b+r}{a+b} + \frac{br}{a}} = \frac{b^2 r^2}{bra + br(a+b)} = \frac{br}{a+a+b}$$

ehk $1 = \frac{r}{2a+b}$; seega $r = 2a+b$,

mis oligi vaja tõestada.

Kui saaksime joonestamise teel avastada $OK=b$ täpse pikkuse a ja k suhtes, siis tõmbaksime raadiusega b tipust O kaare, mille lõikepunkt-

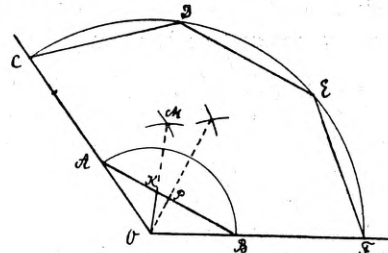
tid kõõluga AB ühendaksime tipuga O , ning nurk olekski jagatud täpselt kolmeks ilma kolmepingelise kaare kaasabit. Kuna aga on näidatud ja tõestatud selle võimatus $C. F. Gaussi$ poolt, siis peame piirduma OK ligikaudse pikkusega, mille leiame õige täpselt sel teel, kui joonestame poolkõõlu AP peale võrdkülgse kolmnurga AMP või poolkõõlu PB peale võrdkülgse kolmnurga PNB (joon. 6) ja tõmbame nende tippudest M ja N



Joon. 6.

antud nurga tipuni O sirglõigud MO või NO . Nende sirglõikude osad nurgatipust kuni kõõlu AB lõikepunktideni OK ja OL on oma pikkuselt õige lähedased nõutavale pikkusele b , sest vahe antud nurga kuuendiku ja $\sphericalangle KOP$ või $\sphericalangle LOP$ vahel on minimaalne, asudes tavaliselt 1° piires.

Seega toimub minu talitusviis nurkade kolmeks jagamisel järgmiselt (joon. 7):

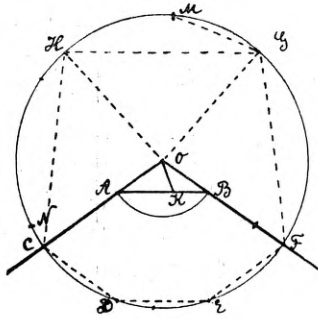


Joon. 7.

Vaba raadiusega tõmban antud nurga tipust O kaare AB , mille kõõlu jagan pooleks. Poolkõõlu pikkuse raadiusega tõmban kaared punktidest A ja P ning ühendan nende kaarte lõikepunkti M nurgatipuga O . Sirglõik MO lõikub kõõluga AB punktis K . Raadiusega $OC=2OA+OK$ tõmban kaare CF , mille jagan kolmeks kõõlu AB abil. Jagamispunktidest D ja E tõmban sirglõigud nurga tippu O , millega antud nurk ongi jagatud kolmeks kaunis täpselt.

Kontrollinud seda talitusviisi, konstateeris hr. professor J. Nuut, et h a l v e i m a l juhul, kui $\sphericalangle COF = 144^\circ 44'$, künüb absoluutne viga umbes 2 minutini, mis tegelikul joonestamisel pole märgatav. Nii siis teoreetiliselt viga ei ületa ühelgi juhul 0,023% ehk 0,23 promilli, kuid praktilisel joonestamisel võivad küll tekkida tehnilised vead, kuna selles konstruktsioonis on 9 sirkli paigutamist, millest tingituna menetluse tegelikul kasutamisel viga muidugi peab tunduvalt ületama kahte minutit. Teisest küljest aga soodustab see menetlus otsest proovimist sirkliga ja proovimise tõttu tagab ka suurima tehnilise täpsuse.

Kuna seda menetlust ei saa otseselt rakendada ülirnurkade jagamisel, siis jagan kirjeldatud viisil kolmeks ülirnurgale vastava täiendnurga COF



Joon. 8.

(joon. 8) ja tõmban nurgatipu O ümber ringjoone, mille jagan raadiuse abil kolmeks võrdseks osaks FM, MN ja NF à 120°. Lahutades 120° kaarest FM täiendnurga kaare kolmandikule võrduva kaare MG=FE=ED=DC, saan ülinurga kaare kolmandiku GF. Kõõlu GF abil jagan siis

ülinurga kaare kolmeks ja ühendan jagamispunktid G ja H nurga tipuga O, millega ülinurk on jagatud kolmeks.

Siin kohal lubatagu mulle avaldada südamlikku tänu härradele professoritele J. Sarvele ja J. Nuudile, kes lahke vastutulelikkusega kontrollisid minu menetlust ja heatahtlikult andsid vajalikke juhiseid ja näpunäiteid selle töö viimistlemiseks.

J. UDIKAS: ANNÄHERNDE DREITEILUNG DER WINKEL MIT HILFE DER HORDE.

Die Hauptidee für die Teilungsart des Verfassers ist eine derartige geometrische Lage des Winkelbogens zu finden, welche die gegebene Bogenhorde mit einer grössten Genauigkeit in drei Teile teilt. Auf dem Wege einer mathematischen Beweisführung wird solche Dreiteilung (auf d. Zeichn. 7 u. 8 veranschaulicht) durchgeführt.

Beim kontrollieren dieses Verfahrens stellte Prof. J. Nuut fest, dass im ungünstigsten Falle sich der absolute Fehler (wenn $\sphericalangle COF = 144^{\circ} 44'$) bis zu ca 2 Minuten beläuft, welcher beim praktischen Zeichnen nicht merkbar ist.

Raudbetooni uuemaid teooriaid (ilma „n“-ta).

Hugo Oengo, ELÜ, IK.

(Lõpp.)

Ühekordselt armeeritud paindpõiklõigete purunemisnähtuste rühmitamine.

Selleks, et orienteeruda eelmainitud valemite rägastikus ning luua aluseid nende arvustamiseks, on autori poolt ²⁵⁾ sooritatud raudbetoon-paindpõiklõigete purunemisnähtuste rühmitamine, kusjuures on väljutud olulistest materjalitehnilistest teguritest. Toodud rühmitamisel on eeldatud, et purunemine teostub paindemomentide ehk normaaljõudude, mitte aga põikjõudude toimele. Mainitud purunemisnähtuste rühmad oleks järgmised:

1) Juhtum, kus rauapinged tala purunemisel asuvad alles proportsionaalsuse piires aga betooni surupinged on jõudnud selle surutugevuseni, nn. **betooni-ala e. betoonisõltuskond**. Tala purunemisel on sellel juhtumil mõõduandva tähtsusega vaid betooni tugevus. See purunemisjuhtum esineb suure armatuuriteguri, nõrga betooni või kõrge proportsionaalsuspiiriga armatuurterase puhul.

2) Juhtum, kus purunemisel rauapinge asub proportsionaalsus- ja voolavuspiiride vahel, betoonipinged aga on jõudnud selle surutugevuseni, nn. **ülemineku-ala**. (See pinguseala kujutab enesest üleminekut eespoolmainitud betooniala ja allpool piiritletud raua- I ala vahel.) Autor oletab ja on seda oletust mõningate katsudega tõestanud, et mitmete, eriti just Saksa autorite poolt otsitud üleminekupunkt raua- ja betoonimõjualade vahel üldse puudub, kuna selle asemel esineb pidev üleminekuala.

3) Juhtum, kus rauapinge tõmbarmatuuris jõuab raua voolavuspiirile ja samal ajal betoonipingedki jõuavad selle surutugevuseni, nn. **raua- I ala ehk voolavusala**. Tala purunemisel

on siin mõõduandvad nii betooni tugevus kui ka armatuuri voolavuspiiri kõrgus. See juhtum, kus betooni ja raua kriitilised omadused samaaegselt mõjule pääsevad, esineb normaalselt armeeritud talade puhul, kui armatuurraud evib küllalt pikka voolavuse ulatust.

4) Juhtum, kus armatuurraua pikenemine purunispõiklõikes ületab raua voolavuse ulatuse, mille tõttu rauapinged tõusevad üle voolavuspiiri, nn. **raua- II ala ehk kõvenemisala**. See juhtum esineb hariliku armatuurraua puhul vaid väikese armatuuriteguri ja tugeva betooni puhul, kuid on enamasti normaaljuhtumiks normaalselt armeeritud taladel terasarmatuuri puhul.

5) Juhtum, kus üheaegselt rauapinge jõuab tõmbtugevuseni ja betoon puruneb surutud osas. Säärane juhtum võib esineda väga väikese armatuuriteguri, väga tugeva betooni või väikese venivusega armatuurterase (näiteks traatvõrkarmatuuri) puhul.

6) Erijuhtum eelmisest, kus betoonipinged tala purunemisel ei jõua üldse betooni surutugevuseni, kuna armatuur katkeb enne. See oleks vaid ettekujutatav piirjuhtum, milline võib esineda vaid äärmiste tingimuste ühtesattumisel, eriti just väga väikese venivusega armatuurterase puhul (laboratoorseste katsude puhul ongi sääraseid juhtumeid mõnikord ette tulnud).

Seniste ettepanekute kriitika.

Eeltoodud purunemisnähtuste rühmitamine andis seni eristatud kahte rühma, normaalselt ja ülearmeeritud põiklõigeteks, jaotamise asemele kuuks erinevat rühma. On pikemata selge, et kui eespoolmainitud ettepanekute puhul on võetud arvesse peamiselt senituntud kaks rühma, siis nende liikide kohased arvutamiskiisid ei saa võrdse täp-

²⁵⁾ Seni trükkis avaldamata tööst.

susega haarata teisi rühmi. Tehes nende valemite kriitikat, tuleb eeskätt määrata, missugusele purunemisrühmale üks või teine neist sisuliselt vastab.

Valemid (1), (2), (3) ja (4), mis on esitatud S u e n s o n i, K a z i n c z y, S a l i g e r i, R o š i ja S t ü s s i poolt, vastavad sisuliselt 3. liiki purunemisnähtustele, s. o. juhtumile, kus raudbetootala purunemisel pinged üheaegselt jõuavad armatuurraual voolavuspiirile ja betoonil surutugevuseeni. Harilikult see üheaegsus täitub pehme (sitke) armatuurraua tarvitamisel, kui armatuuritegur asub piirides 0,8% kuni 2,5% ja betooni tugevus on 200 kuni 300 kg/cm².

Omavaheline vahe nende valemite vahel ei ole kuigi suur, nagu oli näha eespool, kõiki neid valemid haarava valem (5) koefitsiendi k väärtuste võrdlemisel. Kuivõrd k erinevus arvutuse tulemusi mõjutab, näitab kujukalt alljärgnev näide, milleks on võetud prof. F. Schüle katsudest²⁶⁾ tala nr. 17.

Andmed tala kohta: $b = 20$ cm, $h = 30$ cm, $F_e = 7,07$ cm², $\mu = 1,18\%$, $\sigma_s = 3000$ kg/cm², $\rho\beta_b = 199$ kg/cm².

Katsul leitud murdpaindemoment:

$M = 568000$ kg . cm.

Arvutuse tulemused:

Valemi (1) järele	$M = 580000$ kg . cm,
„ (2) „	$M = 590000$ „
„ (3) „	$M = 576000$ „
„ (4) „	$M = 574000$ „

lahkumine katsutagajärjest	+2,1%
„ „	+3,7%
„ „	+1,4%
„ „	+1,1%

Steuermann'i ja Gebauer'i valemid [(6) ja (7)], mis küll on koostatud 3. liiki purunemisjuhtumi jaoks, on tegelikult siiski vist enam vastavad 4. liiki juhtumitele, kuna need valemid on tekkinud just selletõttu, et paljud katsutagajärjed näitavad suuremaid murdpaindemomente, kui eelmise 3. liigi valemite järele arvutamisel saadakse. Et nende valemite üle otsustada, tuleb siiski selgitada, millest need suuremad purunemismomendid on tingitud, kas betooni tõmbtugevusest või betooni mahu kahanemisel tekkinud eelpingetest, nagu oletavad Steuermann ja Gebauer, või raua voolavuspiiri ületamisest, nagu on seletatud 4. liigi piiritlemisel.

Betooni tõmbtugevuse kaasamõjumine tala olemlisel purunemisseisukorras, kus põiklõige on sügavalt pragunenud, on ümmara lattarmatuuri tarvitamisel ettekujutamatu. Samuti on ettekujutamatu suru-eelpinged armatuuris, kuna nende olemasolu samuti eeldaks tõmbpingeid betoonis. Et sellist ettekujutust katsutagajärgedega kontrollida, töötas autor 57 katsutala tulemused vastava süsteemi ko-

haselt ümber²⁷⁾. Kui betooni mahukahanemisest tingitud suru-eelpinged rauas (ehk vastavad tõmbpinged betoonis) põhjastaksid murdpaindemomendi eelmainitud kõrgemaid tähendusi, nagu arvavad Gebauer ja Steuermann, siis peaks selline murdpaindemomendi suurenemine otseselt olenema betooni mahukahanemise määrast. Seega peaks erinevates oludes kivilinenud ja samuti erineva vanadusega raudbetootalad näitama erisuguseid kõrvalekaldumisi lihtsalt voolavuspiiri järele arvutatud (ilma betooni tõmbpingete arvessevõtmiseta arvutatud) tulemustest, näiteks Roši valemi järele arvutatud tulemustest (millega autor võrdles eelmainitud 57 katsutala katsutulemusi). Osa kontrollarvutamisele võetud katsutaladest oli kivilinenud alalise niiskuse käes (osalt isegi vees), teine osa aga õhu käes; talade vanadus kõikus 7-mest päevast 90 päevani. Nendele väga erinevatele kivilinemistingimustele ja kivilinemisvanadustele vastavad teatavasti õige suuresti erinevad betooni mahumuudumäärad (näiteks esineb vees kivilinisel isegi mahu juurdekasvu, kuna õhu käes maht kahaneb), mille mõju oleks pidanud õige tuntav olema. Mainitud võrdlus aga ei näidanud mingisugust märgatavat ja süstemaatilist kivilinemistingimuste erinevuse mõju katsutagajärgede ja Roši valemi järele arvutatud murdpaindemomentide vahelistele erinevustele.

Seega ei läinud korda leida tõendust Gebaueri ja Steuermann'i teooriate aluseks võetud füüsikaalse nähtuse mõjumisele, mispärast suuremate murdpaindemomentide põhjusi tuleb otsida mujalt.

Bittneri ja Saligeri väljumisalus, et rauapinged võivad tõusta üle voolavuspiiri, millisele võimalusele osalt juba Stüssigi³⁾ on tähelepanu juhtinud, näib olevat loogiliselt õige; seega on nende valemitel eeldusi tabada 4. liiki purunemisjuhtumeid.

Rauapingete tegelikku tõusmist üle voolavuspiiri on katsutehniliselt registreerinud Abeles²⁸⁾, kuid mitte kuni tala purunemiseni; pealegi on ta just pragunenud piirkonnas ebatäpselt mõõtnud, kuna selleks seni puudus kohane menetlus²⁹⁾.

Kuna eelmainitud nähtus on seni katsutehniliselt vaid vähe läbi uuritud, siis ei saa need arvutamiskiisid pretenteerida kuigi suurele täpsusele. Saliger ise mõõnab hiljem³⁰⁾, et neis tingimuses kõigi faktorite arvessevõtmine olla võimatu.

Maillart'i empiiriline arvutamiskiis, mis tahab õigesti haarata 1-st, 2-st, 3-ndat ja 4-ndat liiki purunemisjuhtumeid, põhineb katsude kesk-

²⁷⁾ Autori trükis avaldamata tööst; katsutagajärjed on võetud prof. F. Schüle ja Praha Tehnikauiliskooli uurimustest.

²⁸⁾ P. Abeles, Versuche mit Rechteckbalken mit besonders hochwertigem Stahl, Beton und Eisen, 1937, Heft 17.

²⁹⁾ Selliseid mõõtmisi on autor võinud sooritada ta enese poolt ettepanud menetluse järgi (seni trükis avaldamata).

³⁰⁾ R. Saliger und E. Bittner, Versuche an Eisenbetonbalken unter ruhenden und herabfallenden Lasten, Wien, 1936.

²⁶⁾ F. Schüle, Resultate der Untersuchung von Eisenbetonbalken. Mitteilungen der E. M. P. A., Heft 12. Zürich, 1907.

mistel tulemustel. Tuleb mainida, et Maillart'i antud kõver (mis osalt on valemisega väljendatud) põhineb võrdlemisi väikesele katsude arvule (umbes 120). Autori poolt üle 500 katsutulemusega võrdlemisel asus Maillart'i kõver pisut kõrgemal katsude keskmistest tulemustest. Suurimaks puudumiks aga mainitud arvutamiseviisil on see, et selles ei leia arvessevõtmist kõik armatuurteraste erinevused, nimelt pingete-pikenemiste diagrammi kuju erinevused. See arvutamiseviis võiks olla kohal vaid ühe teatava armatuurmaterjali puhul, üldisemalt kasutamiseks aga Maillart'i kõveraid peaks olema iga teraseliigi kohta, mis teeks asja õige keerukaks. Praegusel kujul, kus on antud vaid üks keskmine kõver, ei saa selt nõuda kuigi suurt täpsust.

Stüssi, Saligeri ja Brandtzaegi poolt nn. ülearmeeritud talade jaoks antud arvutamiseviisid on tegelikult kehtivad eeltoodud 1-st liiki purunemisjuhtumite kohta. Stüssi arvutamiseviis on puhtteoreetiline, ta pole katsutagajärgedega tõestatud ega üldse arvutamiseks kohandatud. Suurimaks ebatäpsuseks selles on oletus, et tala äärmise surutud kiu kokkusurutavus purunemiseisukorras vastab tsentriliselt surutud betoonprisma kokkusurutavusele selle surumisel surutugevuse määrani. Nagu hilisemad katsud on näidanud, on esimene arv viimasest tuntavalt suurem. Saligeri arvutamiseviis on ses mõttes tegelikusele lähemal, kuid opereerib vaid keskmise kokkusurutavusega (5%), kuna kokkusurutavuse määr tegelikult oleneb betooni omadustest, nagu näitavad Brandtzaegi katsud. Nii Saligeri kui ka Stüssi arvutamiseviisidele on antud selge ja ülevaatlik kuju. Brandtzaegi arvutamiseviis, mis toetub katsutulemustele, evib sellevastu keerukat ja raskesti käsitletavat kuju. Mõningate katsutehniliste ebatäpsuste tõttu ei saa Brandtzaegi poolt antud katsutehniliselt saadud koefitsientidelt oodata suurt täpsust.

Nagu näha eeltoodud arvustavast ülevaatest, on ühekordselt armeeritud nelinurkse põiklõike murdpaindemomendi arvutamine seni teatava piirini rahuldavalt lahendatud vaid 1-st ja 3-ndat liiki purunemisjuhtumite suhtes. Diskussioon aga jätkub tänapäevases raudbetoonipraktikas üha sagedamini ettetulevate 4-ndat liiki purunemisjuhtumite suhtes. Viimasest liigist on eriti huvitatud kõrgema väärtusega armatuurmaterjalide tootjad ja nende kasutajad, kuna just need terased annavad 4-ndat liiki purunemisjuhtumitel tuntavalt suurema murdpaindemomendi tähenduse võrreldes 3-ndat liiki juhtumitele vastavate valemite järele arvutatud purunemismomendiga.

Dimensioneerimisettepanekutest ja staatiliselt määramatute konstruktsioonide arvutamisest n-vabade teooriate järele.

Osa eespool kõneall olnud valemite autoreid teevad ettepanekuid paindpõiklõigete dimensioneerimiseks, kuna teine osa autoreist on oma valemid koostanud peamiselt tagavarateguri arvutami-

seks. Dimensioneerimisettepanekuid võib jaotada kahte rühma.

Ühed — *Steuermann* ja *Gebauer* — võtavad lubatavaks paindemomendiks mingi murdosa (üks jagatud tagavarateguriga) arvutatud murdpaindemomendist. *Steuermann* kasutab tagavarategurit 2; *Gebauer* aga teeb ettepaneku võtta tagavarateguriks 2 vaid tavaliste konstruktsioonide puhul, vastutusrikkamate ehituste puhul aga 2,5.

Teised — *Kazinczy*, *Bittner* ja *Maillart* — arvutavad lubatava paindemomendi tähenduse murdpaindemomendi valemi abil, võttes purustavate pingete asemele mingi murdosa neist, kasutades raua jaoks üht ja betooni jaoks teist tagavarategurit; *Bittner* ja *Kazinczy* võtavad tagavarateguriks raudal 2, *Maillart* võtab $7/4$, kuna betoonil võtavad nad kõik tagavarateguriks 3.

Neist kahest ettepanekuterühmast on esimene radikaalsem, kuna teine läheneb enam senistele normidele. Kumbki ettepanek annab lubatava paindemomendi mõttes isepiirilise üleminekuala raua-alalt betooni-alale. Vahe nende kahe ettepanekuterühma vahel tuleb ilmsiks peamiselt suuremate armatuuritegurite puhul. Siin võib juhtuda, et arvutatav põiklõige esimese ettepaneku järgi kuulub veel raua-alasse, kuna teise ettepaneku järgi ta tuleb dimensioneerida, kui betooni-alasse kuuluv põiklõige. Esimese ettepaneku järgi tuleb siin lubatav paindemoment märksa kõrgem kui teise järgi.

Nihkkindluse küsimust puudutab ainult *Gebauer*, mainides, et nihkkindlust tuleks saavutada rangide ja üleskeeratud raudade abil, kusjuures viimaseid tuleks arvutada kui sõrestiku diagonaale.

Seoses dimensioneerimisega n-vaba teooria alusel kerkib üles rida põhjapaneva iseloomuga küsimusi:

e s i t e k s, kas ühevõrdse ja küllaldase purunemistagavara puhul ei teki ometi lubatavate kooramatuste piirides konstruktsioonis lubatamatult suuri deformatsioone ja pragusid, kuna tegelik pingus ja tegelikult esinevad deformatsioonid jäävad sootuks valgustamata;

t e i s e k s, kas on õige dimensioneerida põiklõikeid n-vaba, seega plastilisele olekule toetuva teooria järele, kuna staatiliselt määramatute konstruktsioonide puhul sooritatakse sisejõudude määramist elastilisele olekule toetudes, ja

k o l m a n d a k s, kas on võimalik staatiliselt määramatute konstruktsioonide puhulgi sisejõudude määramist sooritada plastilise oleku alusel?

Esimene küsimus, millest uute ettepanekute autorid on seni vaikides mööda läinud, ei ole võib olla kuigi oluline kõrgehitistes lihtsamate konstruktsioonide puhul. Aga ei saa ütelda, et see oleks tähtsusetu raskemal juhtumel. Valgust ses suunas võiksid tuua vastavad laboratoorsed uurimised, eriti valmishitiste uurimine laboratoorsete menetluste teel.

Ka teisest küsimusest on kõik uute ettepanekute autorid, välja arvatud Kazinczy, vaikides mööda läinud. Staatilisel määramatute konstruktsioonide puhul, kus sisejõud sõltuvad konstruktsiooni üldistest deformatsioonidest, ei ole esimesel pilgul kaugeltki selge, kas n-vaba teooria aluseks võetud ühevõrdse purunemistagavara tingimus sel juhtumil jääb täidetuks, kui staatilisel määramatud suurused on määratud elastilise oleku järele tavalisel viisil. Valgust sesse küsimusse on heitnud Kazinczy¹⁰⁾ katsud. Need katsud näitasid, et jätkuvate (kulgevate) talade puhul, mille paindemomentid on arvutatud senisel tavalisel arvutamiskiisil (s. o. elastilisele olekule toetudes), kuid mis ise olid dimensioneeritud n-vaba teooria järele, tegelik purunemistagavara tõesti vastas dimensioneerimise aluseks arvutuses võetud tagavarale. Võib ette kujutada, et samane nähtus ka raamide ja plaatide juures võiks esineda, kuid võlvide suhtes, kus sisejõud võivad suurel määral sõltuda võlvi deformeeritud kujust (s. o. deformeeritud telje kuju ja surujoone vahekorra), purunemistagavara vist pole enam nii lihtsalt avaldatav. Igal juhtumil need katsude tagajärjed annavad julgust staatilisel määramatuid konstruktsioone lahendada senisel viisil ka siis, kui dimensioneeritakse n-vaba teooria järele.

Ka kolmas küsimus on Kazinczy poolt leidnud valgustamist. Kazinczy näitas võimaluse, kuidas ka plastilise oleku alusel saab lihtsal ja ülevaatlikul teel lahendada staatilisel määramatuid konstruktsioone, kui need on raudbetoonist. Ta sellekohased katsud jätkuvate taladega käsitavad ka sääraseid talasid, mis olid eelmainitud arvutamiskiisi järele arvutatud ja n-vaba teooria järele dimensioneeritud. Ka nende talade purunemistagavara osutus arvatavaga võrdseks.

Kazinczy poolt esitatud arvutamispõhimõtted staatilisel määramatute raudbetoon konstruktsioonide sisejõudude määramiseks põhinevad järgmisel mõttekäigul. Plastilikkuse teooria rakendamise võimalus raudbetooni puhul toetub nähtusele, et raudarmatuuri (ka pehme terase) sellise koormatuse puhul, kus enimpingutatud põiklõikes raua pinged jõuavad raua voolavuspiirile, põiklõike paindenurk suureneb, ilma et põiklõike sisejõud paindemoment sealjuures oluliselt muutuks. Seega säärane pragunev põiklõige tõesti allub plastilikkuse teooria põhilausele (muidugi selle piirini, mil betoon selles põiklõikes veel ei purune). Säärases plastilikkuse teooria põhilausele alluvas põiklõikes jääb paindemoment teatava piirini konstantseks välisjõudude suurenemiselgi. Välisjõudude suurenemisele aga järgneb mõne teise põiklõike voolamine ning konstruktsioon puruneb, s. o. konstruktsioon ei võimalda enam väliskoormate suurendamist, kui kõik momentide äärmistele tähendustele (momentide-epüüri tippudele) vastavad põiklõiked on juba koormatud nende dimensionidele vastavate murdpaindemomentidega. Seega konstruktsiooni momentide-epüür kohandub konstruktsiooni purunemisseisukorras konstruktsiooni dimensionidele.

Staatiliselt määramatu konstruktsiooni (jatkuva tala või raami) arvutamist sooritatakse eeltoodud põhimõttele toetudes järgmiselt:

paande suhtes dimensioneeritakse meelevaldselt selline arv iseloomulikke põiklõikeid, kui palju on staatilisel määramatuid suurusi. Neis põiklõigetel valitud dimensionidele vastavad lubatavad paindemomentid (teatavad murdosad murdpaindemomentidest, arvatud n-vaba teooria alusel) võetakse tuntud paindemomentideks. Need iseloomulikud põiklõiked valitakse sääraselt, et valitud dimensionidega määratud tuntud paindemomentide kaudu oleks võimalik iga osa kohta tõmmata momentide-epüüri lõppjoont.

On kerge näha, mil määral säärane arvutamiskiis on lihtsam ja ülevaatlikum senisest arvutamiskiisist, eriti kõrgemal määral staatilisel määramatute raamide puhul; sealjuures aga purunemistagavara küsimus pole vähimalgi määral muutunud ebaselgemaks. Selle arvutamiskiisi puudumiks on suurte pragude tekkimise võimalus konstruktsiooni üksikuis põiklõikeis.

See viimasena mainitud asjaolu ongi suurimaks takistuseks plastilikkuse teooria kasutamisele võtmisele raudbetooni arvutamisel. Kazinczy ise mainib, et muidugi ei saa kellelgi tulla mõttesse hakata arvutama jätkuvat raudbetoonisilla tala või fermaat eelkirjeldatud viisil, kuid kõrgehitistes, kus kandjad on koormatud lagede ja seintega, ei tohiks need praod olla ohtlikud, kuna purunemistagavara on kindlustatud. Edasi mainib ta, et selliste pragude tekkimisvõimaluste kohad võib selle teooria alusel arvutamisel valida säära- ja seintesse kohaldades, kus raudade roostetamisohu on väikseim. Sealjuures ta mainib veel, et pragudest ei saa raudbetooni juures niikuinii hoiduda ja et on julge oletada, nagu elastsusteooriale toetuv sisejõudude arvutus vastaks konstruktsiooni tegelikule seisukorrale, eriti kõrgemal määral staatilisel määramatute raudbetoon-konstruktsioonide puhul.

Pragude küsimuses tuleb anda teatav õigus Kazinczy kriitikuile, kui nad mainivad, et on tuntav vahe tavaliselt raudbetoon-konstruktsioonides esinevate väikeste nn. staatiliste pragude vahel ja üle raua voolavuspiiri pingutatud põiklõigetel esinevate suurte irevate pragude vahel. Esimeste puhul tavalistes tingimustes raud on roostetamise eest küllaldaselt kaitstud, kuna teiste puhul, alates praost teatavast iremusest, tuleb roostetamisohu juba kõnealla.

Plastilikkuse teooria kaitseks pragude küsimuses võiks vahest mainida, et need kardetud irevad praod ei tarvitse kaugeltki veel ette tulla lubatavate koormatuste piirides. Nende konstruktsioonide puhul, kus alaliselt mõjuv koormis moodustab suurema osa kandja koormatusest (näiteks paljude kõrgehituslike konstruktsioonide puhul) evib raudbetoonkonstruktsioon lubatavategi koormatuste piirides teatava piirini plastilisi omadusi just betooni plastilise järeleandmise tõttu pikemat aega koormise all olles (Kriedhen, plastic flow). Viimasena mainitud asjaolu kutsub esile painde-

momentide tasandamisnähtuse³¹⁾ ja seega õigustab plastilikkuse teooria kasutamisele võtmist alalise koormise enanemas oleku puhkudel.

Lõppsõna.

Sellest hoolimata et n-vaba raudbetooni teooriaga seoses olevaist küsimusist on terve rida veel rahuldavalt lahendamata, on see juba leidnud laialdast kasutamist Venemaal (Steermanni arvutamiseviis) ja ka Šveitsis R. Maillart'i ehitusfirma poolt (Maillart'i arvutamiseviis) sedavõrd, kui seda võimaldavad ehitusjärelevalve-asutised ja kehtivad eeskirjad.

Nende teooriate peamiseks hüveks loetakse neis arvutusviises selgesti väljenduvat purunemistagavara, mis võimaldab teadlikule insenerile kvaliteetöö ja kõrgevärtuslike materjalide puhul talle õigustatult kuuluvaid soodustusi. Erilise plussina tuleks alla kriipsutada nende teooriate kasutamisel saavutatavat säästu armatuurraua hulga poolest, mis on kõigiti päevakohane probleem.

Kui mõnedes maades suhtutakse skeptiliselt eelkäsitletud uuenduspuüetesse, siis arvatavasti see tuleb teatava määran konservatiivsusest, kuid ka kartusest, et praktikas töötavad insenerid vajaksid palju aega ümberorienteerumiseks. Võiks isegi karta, et selliseks ümberorienteerumiseks puuduvad suurel osal praktikas töötavaid insenere vajalikud eeldusedki. Ehitaja, kes toetub ainult teoreetilisele arvutusile ja senistele ehituskogemustele, ei ole õigustatud ega evi julgustki oma pead ette võtma julgeid ja otsustavaid uuendusi. Siinkohal on otsustav sõna kaasa rääkida laboratooriumel ja eksperimenteerijail. Seni kui veel opereeriti 3-, 5- ja enamkordsete tagavaradega, piisas vanemast mõttekäigust, kus laboratoorium oli vaid abistavas osas. Ebatäpsused teoorias olid küllaldaselt kaetud suure, kuigi sageli ebaühevõrdse ja ebaselge tagavaraga, mispärast materjalide ja konstruktsioonide täpsemal uurimisel ei olnud sedavõrd kaaluvat tähtsust. Tänapäeva nõuded, mis on suunatud valjule majanduslikkusele ja seega konstruktsioonide saleduslikkusele, on tõstnud need küsimused uude valguse. Materjalide omaduste sügavam tundmaõppimine on saanud paratamatuks. See paratamatus aga on selgitanud, et paljudki küsimused raudbetooni alalt on ikka alles põhjalikult läbi uurimata, sellest hoolimata et raudbetoon-ehitusviis on juba ligi 100 aastat vana ja et teadlik, arvutamisega seotud raudbetooni konstrueerimine ka on juba 40 aastat tuntud. Nüüd aga mitmete maade uurijad töötavad intensiivselt ja võib loota, et nende tulemused peagi võivad laiemat tunnustust ja et vähemalt mõneski osas uus raudbetooniteooria juba lähemate aastate jooksul pääseb kehtivusele.

³¹⁾ Sellele võimalusele juhib tähelepanu ka Hummel oma artiklis: A. Hummel, Vom Kriechen oder Fließen des erhärteten Betons und seiner praktischen Bedeutung, Zement, Heft 50:51.

H. OENGO: NEUE (n-FREIE) BERECHNUNGSWEISEN DES EISENBETONS.

Im vorliegenden Artikel wird ein kurzer Überblick über neuere Vorschläge für die Eisenbetonberechnung gegeben.

Der grösste Nachteil der sogen. „klassischen Eisenbetontheorie“ ist die unklare Sicherheit gegen Bruchgefahr. Die klassische Eisenbetontheorie stützt sich auf die Elastizitätstheorie, die aber im Bruchzustand nicht mehr gültig ist.

Die neueren Vorschläge stützen sich auf die plastischen Verformungen des Bruchquerschnittes und berechnen die Bruchmomente aus den Materialfestwerten und den Massen des Balkens. Als zulässiges Biegemoment nimmt man einen Bruchteil des Bruchmomentes.

Die bekanten Formeln für die Bruchmomente des einfach bewehrten Eisenbetonbalkens sind mit den angenommenen Spannungsverteilungen wiedergegeben.

Für die Formeln werden folgende Bezeichnungen gebraucht:

- M = Bruchmoment,
- δ_s = Streckgrenze des Bewehrungsstahles,
- δ_e = vorhandene Spannung im Bewehrungsstahl,
- δ_u = Ursprungsfestigkeit des Stahles,
- $w\beta_b$ = Betonwürfeldruckfestigkeit,
- $p\beta_b$ = Beton-Prismendruckfestigkeit,
- β'_b = Beton-Zugfestigkeit in der Zugzone des Eisenbetonbalkens,
- ϵ_e = Eisendehnung,
- ϵ_{br} = Stauchung des Betons im Druckrand des Eisenbetonbalkens bei Bruchlast,
- h = Nutzhöhe des Balkens,
- b = Breite des Balkens,
- F_e = Bewehrungsfläche.

Die Formeln 1 bis 4 (siehe Fig. 1*) gelten für die sogen. „normalarmierten Balken“. In allen diesen Formeln wird die Zugkraft im Bruchquerschnitt als die Bewehrungsfläche F_e mal die Streckgrenze des Stahles δ_s genommen. Der Unterschied zwischen den einzelnen Formeln ist nicht gross; das sieht man, wenn man alle diese Formeln in einer allgemeinen Form ausdrückt (Formel 5) und dann die Koeffizienten k für verschiedene Formeln vergleicht.

Die Formeln 6, 7 und 8 nehmen als Zugkraft im Bruchquerschnitt grössere Werte, als in der ersten Gruppe der Formeln verwendet wurde. Steermann (Formeln 6, Fig. 2) berücksichtigt eine Betonzugfestigkeit in der Zugzone des Balkens; Gebauer (Formel 7, Fig. 2) setzt eine Druck-Vorspannung in der Bewehrung infolge Schwindens des Betons voraus; Maillart (Formel 8) gibt eine empirische Formel für das Bruchmoment an, welche bei normalen und kleineren Armierungsgehalten grössere Werte als die Formeln von der ersten Gruppe zeigt.

Die Berechnungsweisen von Bittner und Saliger erklären die grösseren Werte des Bruchmomentes durch die Überschreitung der Streckgrenze des Stahles infolge der grossen Dehnungen im Bruchquerschnitt.

Für die sogen. „überarmierte Balken“ gelten die Berechnungsweisen von Stüssi, Saliger, Brandtzaeg und Maillart.

Für die Dauerfestigkeit des Eisenbetonbalkens hat Roß die Formel (15) veröffentlicht.

Zur genauen Erklärung des statischen Bruchmomentes hat der Verfasser die möglichen Brucharten nach charakteristischen Brucherscheinungen (statt bisher verwendeten zwei Fälle) in sechs verschiedene Fälle gruppiert:

1. Die Stahlspannungen der Zugbewehrung bleiben unterhalb der Proportionalitätsgrenze des Stahles (im elastischen Bereich), der Bruch wird nur durch die Zerstörung des Betons eintreten, sog. **Betonbereich**.

*) Siehe die Formeln, Zeichnungen und Tabellen im estnischen Text.

2. Die Stahlspannungen der Zugbewehrung werden beim Bruch über der Proportionalitätsgrenze, aber noch unterhalb der Streckgrenze liegen, sog. Übergangsbereich. Der Bruch der Eisenbetonkörper wird nur durch die Zerstörung des Betons eintreten.
3. Die Stahlspannungen erreichen die Streckgrenze des Stahles. Der Beton der Druckzone soll zerstört werden, bevor die Dehnungen im Bruchquerschnitt die ganze Länge des Streckbereiches des Stahles durchschritten haben, sog. Stahlbereich I oder Streckbereich.
4. Die Dehnungen der Zugbewehrung im Bruchquerschnitt werden grösser als der Streckbereich des Stahles und die Betondruckspannungen, welche Betonstreckgrenze steigen. Die Höchstlast wird erreicht erst wenn auch der Beton zerstört ist; sog. Stahlbereich II oder Verfestigungsbereich.
5. Die Stahlspannungen erreichen die Zugfestigkeit des Stahles, und die Betondruckspannungen die Betonfestigkeit; sog. Stahlbereich III.

6. Ein Sonderfall tritt ein wenn die Stahlspannungen die Zugfestigkeit des Stahles früher erreichen, als die Betonspannungen die Druckfestigkeit des Betons.

Man sieht aus dieser Zusammenfassung, dass die erste Gruppe der Formeln (1 bis 4) für den 3-ten Bruchfall gültig sein dürfte, und dass die grösseren Bruchmomente beim 4-ten Fall entstehen, wenn die Stahlspannungen höher sein könnten als die Streckgrenze des Stahles; man sieht auch, dass die Formeln für sog. überarmierten Balken den 1-ten Bruchfall umfassen.

Ferner referiert der Verfasser über seine (noch nicht publizierte) Untersuchung über den Einfluss von Schwinden auf das Bruchmoment. Wenn das Schwinden des Betons einen merkbaren Einfluss auf das Bruchmoment des Eisenbetonbalkens hätte, wie Gebauer voraussetzt, dann müssten die Balken mit verschiedenen Schwindmassen (die Balken mit feuchter Lagerung zu denjenigen mit trockener Lagerung und auch die jüngeren zu den älteren Balken) auch verschiedene Streuungen des Bruchmomentes ergeben gegenüber den Formeln der 1-ter Gruppe berechneten Werte, die die Vorspannung im Eisen berücksichtigen. Solche Erscheinungen konnten aber nicht festgestellt werden.

Kaubavedu veoautodel Eestis 1. VIII 1938. — 30. VI 1939.

A. Pakri.

(Lõpp.)

Piirdudes üksikute kaubaliikide ja klasside võrdlusega veojõudluse (t-km) alusel ainult 1939. a. maikuu kohta, tohiks see nii veoautodel kui raudteedel intensiivse tegevuskuuna pakkuda mõndagi ülevaatlikku ja iseloomustavat.

Tabelis nr. 7 toodud võrdlusandmestikust maikuu kohta paistab üldjoontes silma, et veoautode kaubaveos madalate tariifiklasside kaupu on veetud kaalult veidi rohkem, keskmiste ja kõrgemate tariifiklasside kaupu aga veidi vähem, kui on vastavate klasside osatähtsus üldveos vaatluse all oleva 11-ne kuu jooksul.

Veojõudluse alal paneme tähele, et madalate tariifiklasside t-km-id moodustavad veoautodel 56,4% ja raudteedel 75,4% t-km-te üldarvust, mis näitab, et raudteed on vedanud odavaid kaupu palju pikematele kaugustele kui veoautod, mida kinnitab ka keskmise veokauguse erinevus kilomeetrites, mis raudteedel selles klassiderühmas on 127,5 km, veoautodel vaid 20,4 km. Keskmise klassiderühma kaubaveo t-km-te arv veoautodel on 18,5% ja raudteedel 9,4% t-km-te üldarvust. Keskmise veokaugus veoautodel 55,8 ja raudteedel 97,3 km. Kõrgete tariifiklasside kaupade veos veoautode t-km-te arv tõuseb juba 25,1%-le t-km-te üldarvust, kuna raudteevedudes vastav suhe on vaid 15,2%. Keskmise veokaugus kõrgetariifi rühmas oli veoautodel 61,5 km, raudteedel vaid veidi suurem, nimelt 73,3 km.

Eeltoodu põhjal võime nentida, et veoautode kaubavedu maikuu 1939 veojõudluse poolest moodustas madalariifi kaupade veos 9,2% raudteede tonnkilomeetrite arvust, mis on lähedane veoautode t-km-te suhtarvule raudteede t-km-te üldarvust vaatluse all oleva 11 kuu jooksul. Keskmise tariifi ja kõrgetariifi kaupade veos veoauto-

de tonnkilomeetrid küünivad juba 24,2% ja 20,4%-ni raudteedel samades tariifiklassides veetud tonnkilomeetrite arvust. See kinnitab meile raudteede väidet, et veoautod on peamiselt rakendunud keskmise ja kõrgema väärtusega kaupade veole, tehes seega raudteedele kõva konkurentsi tingimuste ebahütluse alusel.

Vajab veel erilist uurimist, kus meil asuvad selle võistluse piirid, kuna tervet veoautodel veetud keskmise- ja kõrgetariifi kaupade kogust ei saa lugeda raudteedelt veoautodele valgunuks. Peab arvama, et osa sellest on juurde- või äravedu raudteelt, samuti, et ka enne kaubaveo-maanteeliikluse motoriseerumist kõik kõne all olev kaubakogus ei liigelnud raudteel, vaid suur osa praegusest autoveost veeti hobuveokeil. Ka ei tohi unustada, et veoautode tegevus on mobiliseerinud uut liiklemist, millest kindlasti saavad osa raudteedki, mis seega osaliselt tasakaalustab kaupade valgumist raudteedelt.

Kaupade valgumise põhjusi raudteedelt veoautodele tuleb otsida viimaste veotehnilistes eemustes võrdlemisi raudteedega, nagu autode igakellaegne kasutatavus, ümberlaadimiste vältimine, kergem pakend, kaupade toimetamine kohtadele, kuhu raudtee ei ulatu jne. Loetletud eemuses peitubki autoveo arengu põhjus hoolimata kallimast veohinnast kui raudteel.

Kuigi ei ole andmeid veohindade ega veost saadud tasu kohta, püüame siiski ligikaudselt arvutada veoautodel veetud kaupade keskmist kooramatust veokuludega. Tonnkilomeetri keskmiseks veohinnaks 4÷5 t kandejõuga veoautol võib võtta 6÷8 s. (raudteedel 1937/38. a. keskmiselt 3,23 s.), mis moodustab üldveo 11 kuu t-km kuu keskmise arvu 12299000 kohta kr. 183920, mis

meie raudteede tasulise kaubaveo sama ajavahe-
miku kuukeskmisest sissetulekust kr. 746293 mo-
odustab ca 25%. Et veoautode t-km-jõudlus on
9,8% raudteede omast, veokulude suhe aga 25%,
siis see tõendab üldist arvamust, et kaubavedu
veoautodel on kallim veost raudteel ja suudab

võistelda raudteedega vaid keskmise ja kõrgeta-
riifi kaupade veos.

Vedude teekondi ja nende kaupa ei ole veel
lähemalt valgustatud. Katsena esitame kahe täht-
sama liikluskeskuse Tallinna ja Tartu vahelise veo
analüüsi 1939. a. maikuu kohta (Tab. 8).

Tab. 8. Kaubavedu Tallinna ja Tartu vahel mais 1939 kaubaliikide järgi.

	Tallinnast Tartu					Tartust Tallinna				
	autodel		raudteel		autode veo % raudtee veost	autodel		raudteel		autode veo % raudtee veost
	t	%	t	%		t	%	t	%	
Madalatarifi kaupu kokku . . .	15	3,8	539	30,4	2,8	18	8,3	4027	63,9	0,4
Sellest: loodusl. kive, kruusa, liiva jne.	3	0,8	83	4,7	3,7	—	—	—	—	—
vormitud kive	12	3,0	45	2,5	26,7	—	—	—	—	—
metsasaadusi	—	—	—	—	—	18	8,3	3852	61,1	0,5
muud kaupa	—	—	31	1,8	—	—	—	175	2,8	—
väetist	—	—	380	21,4	—	—	—	—	—	—
Keskmisetariifi kaupu kokku . . .	25	6,2	392	22,1	6,4	82	38,0	2083	33,0	3,9
Sellest: soola	—	—	184	10,4	—	4	1,8	—	—	—
kivisütt, koksi	—	—	100	5,6	—	—	—	—	—	—
kalu	3	0,7	17	1,0	17,6	7	3,2	33	0,5	21,2
puuvilja, marju	20	5,0	8	0,4	250,0	—	—	—	—	—
muud kaupa	2	0,5	83	4,7	2,4	2	0,9	228	3,6	0,9
teravilja	—	—	—	—	—	0,4	0,2	239	3,8	0,2
elusloomi	—	—	—	—	—	26	12,0	802	12,7	3,2
jahvatatud vilja	—	—	—	—	—	34	15,7	733	11,6	4,6
aedvilja	—	—	—	—	—	9	4,2	48	0,8	18,8
Kõrgetariifi kaupu kokku	360	90,0	844	47,5	42,6	116	53,7	194	3,1	59,8
Sellest: sega- ja muud kaupa	270	67,5	313	17,6	86,3	103	47,7	10	0,1	116,0
suhkrut	4	1,0	158	8,9	2,5	—	—	—	—	—
metalle ja metallkaupa	71	17,7	55	3,1	129,1	—	—	16	0,3	—
masinaid	—	—	255	14,4	—	—	—	—	—	—
bensiini	15	3,8	63	3,5	23,8	—	—	—	—	—
liha	—	—	—	—	—	13	6,0	168	2,7	7,7
Üldse:	400	100,0	1775	100,0	22,5	216	100,0	6304	100,0	3,4

Tabelist nähtub, et Tallinnast veeti Tartu
(vahemaa maanteed mööda 200 ja raudteed
mööda 190 km) veoautodel 400 t kuus (mis teeb
3-4 5-t-st veoautokoormat päevas), raudteedel
aga 1775 t, kusjuures veoautode veo osatähtsus
raudteede veost on 22,5%. Madalatarifi kaupu
veeti 2,8%, keskmise 6,4% ja kõrgetariifi kaupu
42,6% raudteede veost samades tariifiklassides.

Tartust Tallinna veeti veoautodel 216 t
raudteedel veetud 6304 t vastu ehk 3,4% raud-
teel Tartust Tallinna veetud kaubakogusest. Sel-
lest madalatarifi kaupu 0,4%, keskmise 3,9% ja
kõrgetariifi kaupu 59,8% raudteede veost sama-
des tariifiklassides.

On silmatorkav, et veoautod Tallinna —
Tartu-vahelises veos on 90%-selt
rakendunud kõrgeväärtuselise
kauba veole, kuna raudteedel on sama
kaubarühma raudteedel Tallinnast Tartu veetud
kaupade üldkogusest vaid 47,7%. Tähtsamate
kaubaliikidena esinevad veoautodel: segakaup,
metallid, puuvili jne.; raudteedel peale segakauba
masinad, suhkur, sool, väetis jne.

Tartu—Tallinna-vahelises veos veoautod veda-
sid kõrgeväärtuselise kaupa 53,7, raudteed aga
kõigest 3,1% üldveost. Tähtsamate kaupadena on
veetud veoautodel: segakaupa, jahvatatud vilja,
elusloomi ja kalu; raudteedel elusloomi, jahvata-
tud vilja, teravilja, liha ja metsamaterjal.

Lõppeks peatume nii veoautodel kui raudteedel
maikuu 1939 veetud kaubakoguse jagunemisel
veokauguse järgi.

Tabelist nr. 9 nähtub, et veoautode poolt toi-
munud üldkaubaveost kaalult 87,1% on veetud
kaugusastmetele kuni 50 km, mis on iseloomulik
veoautodele kui peamiselt lühimaa transportva-
hendile. Suhteliselt kõige rohkem vedusid toimus
kuni 12 km-ni (39,3%).

Sellistest suure kaalulise osatähtsusega lühimaa-
vedudest sõltubki, et keskmine veokaugus veoau-
tode üldkaubaveos on 30,1 km, nagu nägime ta-
belist nr. 4.

Raudteedel aga veeti kaugusastmetele kuni 50
km 24,6% üldveost. Veoautode veos paneme tä-
hele, et veokauguse pikenedes langeb veetud
kaubakoguse suhteline osatähtsus, olles veokaugu-

Tab. 9.

Veokaugus km	% üldarvust		Veoautode- veo % raudteede- veost
	autodel	raudteel	
Kuni 12	39.3 ¹⁾	13.2 ²⁾	222.2
13—25	25.6		
26—37	14.2	11.4	87.4
38—50	8.0		
51—75	6.6	8.0	37.3
76—100	2.1	7.3	13.0
101—125	1.5	9.6	7.3
126—150	1.0	18.8	2.5
151—175	0.5	10.1	2.2
176—200	0.2	8.3	1.3
üle 200	1.0	13.3	3.5
Kokku: 100.0		100.0	

- 1) Siin hulgas 7,4% vedusid maanteede paranduseks.
2) „ „ 6,5% raudteede sõlmede vedu.

sel 126÷150 km ainult 1,0% üldveost. Viimati-
mainitud kaugusastmele veoautode poolt veetud
kaubakogus moodustab 2,5% raudteedel samale
kaugusastmele veetud kaubakogusest.

Raudteedel veetud kaubakogusest 43,7% on
veetud kaugusastmetele 51÷150 km (veoautodel
11,2%). Kauguste üle 150 km on raudteedel
veetud 31,7% (veoautodel 1,7%), mis üldiselt
kriipsutab alla raudteede kui tähtsat kaugvedude
transportvahendit.

4. Lõppeks.

Eeltoodu põhjal võime nentida veoautode kau-
baveo kaalukat osatähtsust Eesti sisekaubaliiklu-
ses, võides maanteede olukorra paranedes tõusta
veelgi suuremaks.

Veoautode kaubaveosaatekirjade andmeid ei
ole veel jõutud igakülgsest töötada läbi, kuna ve-
dude arvestamine algas teatavasti alles möödunud
aasta 1. augustil. Seni läbitöötatud 11 kuu and-
mete põhjal oleme peatunud laias laastus peaküsi-
muste, nagu veoautode poolt väljaspool linnade
administratiivpiire toimunud kaubaveo, üksikute

kaubaliikide osatähtsuse, veojõudluse, suuremate
kaubaveo siht- ja saatekohtade ja keskmise veo-
kauguse juures. Järgnevad uurimused peavad sel-
gitama meie kahe tähtsama transportvahendi —
raudtee ja veoauto — vahelise võistluse ja tasu-
vuse küsimusi.

PAKRI: LASTAUTO-FRACHTVERKEHR ESTLANDS NACH ERHEBUNGEN 1. VIII 38 — 30. VI 39.

Zur objektiven Beurteilung des Lastautoverkehrs Est-
lands findet eine fortdauernde Zählung desselben ausser-
halb der Städte statt.

Über Struktur, Grösse und Art des Frachtverkehrs ist
auf Grundlage des bearbeiteten Erhebungsmaterials eine
Zusammenfassung für 11 Monate hinsichtlich der bedeu-
tenderen Verkehrszentren nach Verkehrsleistung und
mittlerer Verkehrsweite zusammengestellt worden.

Von 2305 in Estland registrierten Lastautos verkehrten
40% ausserhalb der Städte. Die Verkehrs-Gesamttonnage
betrug 900.000 t bei einer t-km = Leistung von 2,5
Mil. Der Lastautoverkehr beträgt nach Gewicht 38% und
nach t-km 10% des Eisenbahn-Frachtverkehrs. Für
die Verkehrszentren Tartu, Pärnu und Viljandi beträgt
der Lastautoverkehr 50÷70% des Eisenbahnverkehrs, für
das Verkehrszentrum Tallinn 20%. Daraus geht die Be-
deutung des Lastautoverkehrs für den inneren Frachtver-
kehr Estlands hervor.

Für den Monat Mai 1939 ist die Frachtverteilung der
niedrig-, mittel- und hochwertigen Güter sowie die t-km-
Leistung für den Lastauto- und Eisenbahnverkehr an-
geführt. Nach der t-km-Leistung beträgt für niedrig-
wertige Güter der Prozentsatz des Gesamtverkehrs für
Lastautos 56,4%, für Eisenbahnen 75,4%, somit voll-
zieht sich der Verkehr billiger Güter auf den Eisenbah-
nen auf bedeutend längeren Strecken, als mittels Last-
autos, wobei die Verkehrslänge dieser Klasse Güter auf
den Eisenbahnen 127,5 km, mittels Lastautos 20,4 km
beträgt. Die t-km-Zahl der Güter mittlerer Klasse be-
trägt von der t-km-Gesamtzahl auf Lastautos 18,5%,
auf Eisenbahnen 9,4% bei einer entsprechenden mittlere-
nen Verkehrslänge auf Lastautos 55,8 km, auf Eisenbah-
nen 97,3 km. Für hochwertige Güter ist der Anteil der
t-km-Zahl auf Lastautos 25,1%, auf Eisenbahnen
15,2% bei einer mittleren Verkehrslänge der Lastautos
von 61,5 km, was schon 83,9% der entsprechenden Länge
auf der Eisenbahn ausmacht.

Die Verkehrsleistung in t-km der Lastautos in Prozen-
ten von derjenigen der Eisenbahn ist: für nied-
rigwertige Güter — 9,2%, für mittelwertige — 24,2%,
für hochwertige 20,4%. Daraus ist zu ersehen, dass sich
des Lastautoverkehrs vorwiegend mittel- und hochwertige
Güter bedienen, woraus dem Eisenbahnverkehr eine grosse
Konkurrenz entwächst.

Die Zählung des Lastautoverkehrs mit Bearbeitung des
Erhebungsmaterials wird fortgesetzt.

Tehnika teateid.

TÄHELEPANEKUID HOONETEEHITUSTEH- NIKA VIIMASAEGSEST ARENGUST PÕHJA- MAIL.

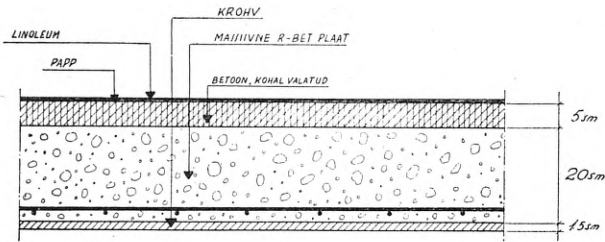
Tõlkinud arh. H. Otloot, IK.

(Lõpp.)

Aga samal ajal on, eriti parema kõlaisolatsiooni
seisukohast projektitud mitmesuguseid muid tüü-
pe. Soomes on ka raudbetoonist massiivsed plaadid
tulnud mõnel määral kasutusele. L õ ö g i k
õ l a - i s o l a t s i o o n i k s on kasutatud muu

seas gaasbetooni mahukaaluga 1,2 (joonis 5).
Sama aine on tarvitatud ka Taanis. Mainitagu,
et Soomeski on kasutatud klinkerbetoon-vahelage-
sid paaril korral.

Raudbetoonist tehtud massiivsete vahelaeplaa-
tide löögikõla-isolatsioonina kasutatakse Põhja-
mail vist edaspidigi kõige üldisemalt puitpõran-
dat, mis isoleeritakse raudbetoonplaadist kas puit-
kiuplaadidega, insuliidiga, onsoniidiga, masonii-
diga, tretexiga vms.



Joon. 5.

Valatud betoonmaja soojaisolatsioon moodustab huvitava ja hoolsalt läbiarutatud eriprobleemi paljude lahendustega.

Seinakonstruktsiooni soojustehniline dimensioneerimine põhjeb loomulikult vastava tehnilistulundusliku probleemi lahendusel. Seda küsimust on uurinud muu seas professor Jacob Holmgren Norra Tehnilises Ülikoolis Trondheimis. *)

Tervishoidlikust vaatepunktist peab sein isolatsioon olema niisugune, et seinatemperatuur ka madalaima välistemperatuuri puhul ei alaneks kastepunktist allapoole, kui ruumi õhk sisaldab normaalsel määral veeauru. Kui oletada, et üleminekutakistus sein sisepinnal on 0,14 ja et 70%-se relatiivse niiskuse puhul on +20-kraadise veeauru kastepunkt +14° C, siis 3-cm-se korkisolatsiooni + 15-cm-se raudbetoonseina (soojatavust 1,0) puhul on välistemperatuuri „tervishoidlik piir“ -23° C.

Alljärgnevas tabelis on antud eri riikide nõuded välisseina soojaisolatsiooni suhtes:

Taani	Elumajades vähemalt 1½-kiviline müüritud sein põletatud tellisest. Tellise pikkus vähemalt 21,5 cm (Kopenhaageni ehitusmäärus).
Soome	Elumajades vähemalt 570 mm paks 2-kiviline tellissein. Tellise pikkus 27 cm (Helsingi linna ehitusmäärus).
Norra	Pole täpseid määrusi. Tavaliselt nõutakse eluhoonetes vähemalt 1½-kivilist sein (seinapaksus 35 cm).
Rootsi	Eluhoonetes 1½-kiviline sein põletatud tellisest (seinapaksus 40 cm).

Kui küsimuses on, kas betoonseinale anda välispoolne või sisepoolne soojaisolatsioon, on tõekspidamised alati olnud lahkuminevad.

Norras tarvitatakse enamasti sisepoolset isolatsiooni. Varem tarvitati kõige enam kork- või eriliisi kiuplaate, millest nn. „kivro“-plaadid on tuntuimad. Need kinnitatakse otse betooni pinnale. Ka kergetoonplaate on kasutatud. Peale selle on Norras tarvitatud erilist kaheosalist isolatsiooni, milles on õhuvahet. Selle menetluse järgi on kasutatud isolatsiooniainena m. s. eriliisi pilliroomatte. Praegu tarvitatakse üldiselt sisepoolset isolatsiooni, mille moodustab 9 cm paksune pimskivi

*) Meil on selliste küsimuste üle kirjutanud prof. E. Maltenek (TA nr. 12 — 35. a.) ja prof. L. Jürgenson (TA nr. 12 — 38. a.), mispärast jätame J. Holmgreni uurimuse välja.

või muu vastav kergekivi otse betoonile kinnitatult või 7 cm paks tellissein, kus betooni ja isolatsiooniainese vahele jäetakse 3 cm õhuvahet. Mainigem veel, et välispoolse isolatsiooniainena on kasutatud peale mainitud ainete veel põletatud tellist ja tahukivi.

Ka Taanis on üldiselt kasutatud sisepoolset isolatsiooni, kuid viimastel aastatel on paljudel juhtumitel üle mindud välispoolsele isolatsioonile. Sisepoolne isolatsioon on kinnitatud kas otse betoonile või on tarvitatud kahejaolist isoleerimist õhuvahetega; isolatsiooniainena on kasutatud samu materjale, mis Norras. Välispoolse isolatsiooniainena on kasutatud betooni külge kinnivalatud gaasbetoonplaate, mille mahukaal on olnud isegi ainult 0,3.

Rootsis on varemalt üldiselt tarvitatud sisepoolse isolatsiooni asemel hakatud tarvitama välispoolset, millisenä on kasutusel 10 cm paksune kergetoon (s. o. Siporex, auru-gaasbetoon või pimskbetoon santoriin), mille mahukaal on ca 0,6.

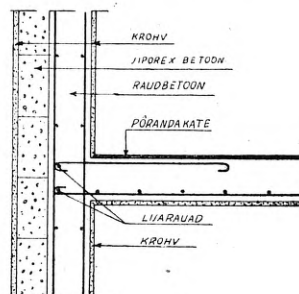
Soomes on tulnud kõigeenam kasutusele 12,5-15 cm paksune välispoolne kergetoon-isolatsioon mahukaaluga maks. 0,7. Ka on kasutatud üht kahejaolist välispidist isolatsiooni, mille on projekteerinud peadirektor arhitekt Väinö Vähäkallio. Sisepoolse isolatsiooniainena on tarvitatud imprägneeritud korki ja laastuvilla-plaate.

Vist äratada tähelepanu see, et samasugust ainest tarvitatakse Norras ja Taanis seespoolset, kuna Rootsis peamiselt välispoolset. Selle põhjuseks on vist küll, vähemalt osaliselt, töötasulepingud. Norras isolatsiooniplaatide kohaleasetamine kuulub müürsepa kutsealasse, ja kuna ei soovitata samal ajal pidada töökohal müürseppi ja betoonitöölisi, peetakse kasulikumaks asetada plaadid kohale hiljem, ja siis praktilisuse pärast juba sisepoolsele. Aga nii Rootsis kui ka Soomes teostavad plaatide kohalepanekut segatöölised.

Kui vaatleme isolatsiooniküsimusi ainult staatiliselt seisukohalt, näeme, et välispidist isolatsioon on kindlasti kasulikum, sest seespoolse isolatsiooni puhul tekib betoonseinas suuri pingeid.

Ka praktilise läbiviimise suhtes on välispoolsel isolatsioonil palju eemusi, m. s. jäävad ära tarvilikud erikonstruktsioonid isolatsiooni liitmiseks talastisega (joon. 6).

Mõnelt poolt on kaheldud, et välispoolne isolatsioon ei suuda vastu panna ilmastiku mõjudele.



Joon. 6.

Selle küsimuse selgitamiseks on Norra Tehniline Ülikool Trondheimis sooritanud laiu uurimisi; muu seas on uuritud lubitsementkrohviga kaitstud urbset telliskivi. Viie aasta jooksul saadud tulemused on olnud väga head. Rootsisis sooritatud uurimused on ka näidanud, et mingisugust sellelaadilist ohtu ei ole erilisel olemas, kui isolatsiooniks tarvitatakse mahukindlat kergebetooni. Sooritatud uurimistest olgu ka mainitud, et kergebetooni ja betooni omavaheline nidumistugevus on kindlaks tehtud üldiselt 10000–20000 kg/m² olenevalt kergebetooni valmistamisviisist.

Prof. Holmgren on uurinud niiskuse mõju välispoolse isolatsiooni soojaisolatsiooni võimele ja on kindlaks teinud, et seinasoojaisolatsioonivõime vähenemine niiskuse mõjutusel tuleb võtta arvesse. Seinasoajisolatsioonivõimet arvutades tuleb seepärast teada, millisele niiskusele antud λ-väärtus metarjalil vastab.

Järgnev teisest allikast saadud tabel näitab mõningaid kergebetoonile omaseid väärtusi.

Suhteline niiskus %	Tegelik mahukaal	Soojajuhtivuse koefitsient λ
0	0,65	0,13
40	0,68	0,14
70	0,70	0,15
90	0,78	0,18
95	0,83	0,20
100	0,94	0,25

Välispoolset isoleeritud maja nõuab üldiselt veetihedat pinnakäsitlust, milleks sobivad lubitsementkrohv ja erilised mineraliitkrohv.

Et krohv paremini betoonipinnaga neoks, pintseldatakse see tavaliselt enne krohvimist tsemendikördiga.

Arvestades erisuguseid isoleerimisviise, tuleb võtta arvesse ka seinasoojakapatsiteet (*). Välispoolset isoleeritud seinal on ikka suurem soojakapatsiteet kui sisepoolset isoleeritud. Suur soojakapatsiteet mõjub tasandavalt kiiretele temperatuurivaheldustele, mispärast see on eluhoonetes eemuslikum. Ehitistes, kus ei nõuta ühtlast soojust või mille soojendamise tuleb läbi viia kiiresti (n. kirikus), on vähema soojakapatsiteediga sein kasulik.

Välispidise isolatsiooni taamusena tuleb mainida, et seespoolset betoonpinnal on ebasoodsad akustilised omadused.

Erinevused küsimuses olevate eri seinatüüpide vahel kõlaabsorbeerimise suhtes ei ole üldiselt vist kuigi suured. Järgnevas tabelis on mõnede seinamaterjalide kõlaabsorbeerimiskoeffitsiendid:

betoon	0,015–0,020
telliskivimüür	0,020–0,030
krohv	0,025–0,030

Järelkajaaega võidakse arvutada näiteks prof. Clement Sabine esitatud valemist:

$$t = 0,164 \frac{V}{\sum \alpha \cdot A}$$

V = ruumi maht m³,

*) Soojatääravus.

α = seinasoojaabsorbeerimis-koefitsient,

A = seinas pindala m².

Sobivaim järelkajaaeg arvutatakse näiteks prof. Watsoni valemi järgi:

$$T = 0,75 + 0,123 \sqrt[3]{V}, \text{ kus } V = \text{ruumi maht m}^3.$$

Järelkajaaeg on suurel määral olenev ruumis olevast mööblist jne. Eluhoone normaalne järelkajaaeg võib olla kõige enam 1,5 sek.

Ohukõla-isolatsiooni arvustades viitan prof. H. Kreugeri põhjalikele uurimustele sel alal.

Talveajal sooritatavat tööd silmas pidades olgu mainitud, et välispoolne isolatsioon hõlbustab värsket betooni kaitsemist jäätumise vastu, sest siis võidakse seinte betoonimist sooritada justkui isolatsiooni kaitse all.

Tarvitades sisepoolset isolatsiooni võidakse loobuda väliskrohvist, eeldades, et betoon või selle pind tehakse piisavalt veetihedaks. Betooni laigulikkus, mis eriti sajuilmaga tuleb nähtavale, moodustab siis probleemi, mis tuleb õigel viisil lahendada.

Mõnedel üksikudel juhtudel on kasutatud nii välispidist, kui ka sisepoolset isolatsiooni.

Isolatsiooni kinnitamisest olgu mainitud veel järgmist: Varemalt kasutati üldiselt tuntud tööviisi järgi betoonisse valatud puitliiste või põiklõikelt kalasabakujulisi puidutükke või naelu. Kergebetoon-plaate ei tarvitse erilisel kinnitada, kuna need nidunevad ilma eriliste abinõudeta betooniga, mis valatakse nende vastu. Tavaliselt toimitakse sel puhul nii, et kergebetoon-plaadid loatakse välisraketise vastu, mis võib olla harv, ja siis valatakse betoon tiheda sisevormi ja kergebetooni vahele. Valuvormidest olgu mainitud ka tavaliste laudvormide asemel on katsetatud ka püsivaid, nii puidust, kui rauast tehtud nn. siirdavaid (teisale tõstetavaid) vorme.

Eriti betoonmajade seeriavalmistuses võidakse mainitud viisil saavutada tähelepandavat materjali ja töö kokkuhoidu. Taani insener Ernst Ishøj on leiutanud ja projekteerinud püsiva siirdava raudvormi, mis on osutunud praktiliseks.

Elektrijuhtmed asetatakse nii talastises kui seintes tavaliselt kaitsetorudesse, mis enne betoneerimist asetatakse vormidesse.

Vee- ja gaasijuhtmete püsttorud koondatakse tavaliselt vannitubadesse, köökidesse või muisse sellelaadilistesse ruumidesse, kus need juhitakse läbi vahelagede ja kus nad võidakse asetada näit. nurka ja katta kipsplaatidega või muu sarnasega, kui neil ei lasta olla koguni nähtaval. Soojaveejuhtmed juhitakse vahelagedest sagedasti nii läbi, et need valatakse vahelaesse kinni ehitise poole kõrguse kohal; nii võivad torud venida nii üles- kui ka allapoole.

Küttetorud võidakse asetada betoonseinasse jäetud vertikaalsetesse vagudesse. Kui seinaisolatsioon on välispoolne, siis juhtmed ei tarvita erisolatsiooni. Horisontaalseid juhtmerenne ei või teatavasti betoonseinasse teha, kui seinas põiklõige ei ole vastaval määral üledimen-

sioneeritud. Kui horisontaalseid juhtmeosi ei tahta lasta nähtaval olla, kaetakse need põranda juures puitliistuga, mis on võimalik, kui kasutatakse pumptsiirkulatsiooni. Lagedest läbiminevad torud tuleb asetada nii, et need võivad takistamata pikeneda ja kokku tõmbuda; selleks asetatakse lagedesse erilised muhvid (hülsid). Hülsi ja toru vahe täidetakse pehme tihendusainesega.

Vertikaalsed reoveetorud asetatakse vannitubade, pesuruumide jne. nurkadesse, kus need tarbekorral võib hõlpsasti katta näiteks kipsplaatidega. Vastavaid horisontaalseid juhtmeid ja toruharusid ei või ometi sobitada vahelagedesse; sellepärast võidakse vannitubadesse või mujale teha rippuv aluslagi mingist kergest ainesest, nagu eterniitplaatidest, või tehakse üsna lihtsalt tala-plaat madalamaks ja nii moodustatud kanalile tehakse kaas äratõstetavatest plaatidest, mida võidakse samuti valmistada tehases raudbetoonist.

Suitsu- ja õhuvahetuskanalid tehakse sagedasti eterniitorudest, mis asetatakse u. 8-cm-ste vahedega üksteisest ja valatakse betooni sisse, millega saadakse umbes 48 decibeli suurune õhukõlaisolatsioon. Muidu käiakse üldiste põhimõtete järgi.

Soomes areng on kulgenud niivõrd pikaldaselt, et valatud betoonmajadele, mõnd üksikut erandit arvestamata, pöörati tähelepanu alles a. 1937, mis ajast peale seda ehitusviisi hakati kasutama elu- ja ärihoonetes ning avalikes ehitistes.

Kandvad raudbetoonplaadid konstruktsiooni- elemendina on tulnud kasutusse isegi telliskivi müüri- ja ühenduses. Siin tuleb võtta arvesse m. s. seda, et betoonseinad on liikumatud, need ei vaju, kuna telliskivimüüri kokkuvajumist võidakse arvestada $1\frac{1}{2} \div 2$ cm ühe korruse kohta. Seega näit. siseseinad, s. o. kapitaal- seinad, võidakse teha betoonseintena, mis siis kannavad kogu koorma. Välisseinad jälle tehakse näiteks kergebetoonist või kergetellisest.

Sõrestikehitised esindavad põhjamaail ehitusviisi, mille kasutamine on sobiv tööstus- ja ärihoonetes.

Raudbetoon on kandvate sõrestikkonstruktsioonide kõige üldisemalt kasutatud ehitusmaterjal.

Ehitiste talastised tehakse samuti sagedamini raudbetoonist. Ka sõrestikehitiste vahelagede suhtes võidakse kinnitada, et üha sagedamatel juhtudel on loobutud talasüsteemist ja vahelaed tehakse meelsamini massiivsete raudbetoon-plaatidena.

Peale seenlagede kasutatakse üldiselt ristarmatuuriga plaate.

Raudkonstruktsioonide alal on keevitusmenetlus tulnud üha enam kasutusele. Keevitustehnika ise on märgatavalt edenenu- du. Selle järgi, kuidas kontrollmenetlused arenevad, hakkab keevitusmenetlusala võitma kohta ka hooneehitustöös.

Eritüübilise sõrestik-ehitustüübina tuleb nimetada armeeritud gaasbetoon-plaatide ja talade ühendust.

See ehitusviis sobib praktiliselt nii vahelagedes kui ka katustes. Plaate tehakse tehastes. Nende mahukaal on tavaliselt $0,65 \div 0,8$. Plaadid laotakse taladele. Kui ei sallita nähtavaid talasid, kinnitatakse talade alapinna alla millestki sobivast ainesest tehtud alalagi, näiteks puitkiu-, asbestwood-, eterniit- või muudest sarnastest plaatidest. Armeeritud kergebetoonplaat toimib samal ajal nii kandekonstruktsioonina kui ka isolatsioonina.

Soojaisolatsiooni mõttes dimensioneeritakse sõrestikehitise täiteseinad üldiselt välisseinte kohta käivate nõuete kohaselt. Mis muidu puutub täitesei- na konstruktsiooni, siis püütakse loomulikult koormuse vähendamiseks võimalikult kergest ainet tarvitada, nagu urbsed kivid ja gaasbetoon.

Vaadeldes müüritud maja viimasaegset arengut, võib tähele panna, et nii müüritud kapitaal- seinad, kui ka (mõnel määral) müüritud trepiko- jaseinad on jäänud tarvitusest ära; need on asendatud, nagu juba esitatud, kas raudbetoon- seintega või raudbetoonpostidega ja -taladega. See puutub m. s. eriti arengut Soomes. Seega on tuldud tüübile, mis on erisugune sõrestikehitise ja telliskiviehitise ühendus. Viimatinimetatud ehitus- viis eeldab, et pööratakse erilist tähelepanu müü- ritud osades hiljem tekkivatele vajumistele. Nende vajumiste takistamiseks kasutatakse üldiselt lubitsegmentmörtlit ($1:6 \div 1:12$).

Hooneehituste projektimisel tuleb praegusel ajal pöörata tähelepanu ka ehitiste õhukaitses- le.

Ehitise peale või selle lähedusse sattunud len- nukipommi põhjustatud kahjud on tihedalt ole- nevad kandva ehituskere kindlusest. Paljud asja- tundjad peavad valatud betoonmaja kui ka sõ- restikehitise vastupanuvõimet pommi mõjule suu- remaks kui müüritud ehitise oma. Tabamuse jä- rele on vist betoon- või sõrestikehitise üldiselt hõlpsamini parandatav kui müüritud maja.

Pommivarjendite konstruktsioonist olgu esita- tud järgmised arvamused.

Uudisehitise varjendi lagi tehakse raudbetoo- nist, mille paksus on vähemalt 15 cm ja mis on dimensioneeritud kasulikule koormusele, omakaa- lule ja määratud lisakoormusele. See lisakoormus arvatatakse, võttes arvesse nii laele kukkuvate ehitusosade löögijõudu kui ka nende raskust.

Võimaliku lisakoormuse isegi ligikaudne arves- tamine ei ole võimalik. Aga tavalistel juhtumitel võidakse dimensioneerimine sooritada, oletades järgmisi lisakoormaid ehitisel, mille kandvad sei- nad on müüritud:

Korruste arv:	Lisakoormus: kg/m ²
kuni 2 korrust	500 ÷ 1500
3 „	1500 ÷ 2000
4 „	2500
5—8 „	3000

Ometi on esitatud ka seesugust arvamust, et varjendi laele tuleva kasuliku koormuse ja lisa- koormuse summat ei tarvitse oletada suuremaks kui 2000 kg/m².

Kui varjendist ülalpool on lagesid, mida suured üksikraskused koormavad, tuleb varjendi laetastiku dimensioneerimisel võtta arvesse, peale muu, ehitise rusunemise puhul neist üksikraskustest põhjustatud löögijõud.

Ehitistes, kus on teras- või betoonsõrestik, või mille kandvad seinad on raudbetoonist, tuleb varjendi lagi arvutada erilisele lisakoormale vaid sel juhul, kui varjendist ülalpool on lagi, mida koormavad suured üksikraskused.

Uudisehitiste varjendite väliseinad tehakse betoonist vähemalt 30 cm paksuselt. Kui varjendi seinad tõusevad pealepoole maapinda, tuleb need teha 30-40-cm-sest raudbetoonist, kus rauda on vähemalt 0,2%.

Varjendite vaheseinad tehakse 15-cm-paksuste raudbetoonseintena, millel armatuuri on vähemalt 0,2%.

Saagu ka mainitud, et kõigis põhjamais on parajasti teoksil kõnesolevaid seiku käsitlevad üldised määrused.*)

Hooneehitustehnika areng Põhjamais pärast 1932. aastat on olnud rikkalik ja ka mitmekülgne.

Seda arengut on mõjutanud nii üksikute ehitajate terve praktiline algatusvõime, samuti ka teaduslik uurimistö, aga ka ehitusmaterjalitööstuse sihiteadlik püüdlikkus väärib siinkohal mainimist.

EHITUSASJANDUSE ÜHING

korraldas 29. septembril k. a. oma liikmetele ringsõidu Tallinnas teoksil olevatele huvipakkuvatele ehitistele, millele järgnesid läbirääkimised ja mõtetevahetused nähtu üle. Osavõtjaid oli üle 30.

Käidi läbi: 1) külmhoone sadamas, kus osalt käis veel raudbetoonalusplaadi valmistamine, osalt keldrikorra müürimine (vt. pilt kaanel); 2) Inglise Kolledži hoone, mis on juba katuse alla viidud; 3) Ohvitseride Keskkogu uue kasiino ehitustööd, kus tehti raudbetoonist vundamendiplaati ja kus pinnase mitmekesise kandevõime tõttu hoone rajatakse ja ehitatakse viie omaette osana; 4) uus Keskhäigla hoone, kus olid käimas sisemiste seinte ehitus- ja maalritööd; siin kõitsid tähelepanu barüüt-betoonist röntgeni-kabinettide seinad; 5) maneeži hoone Tondi teel, kus raudbetoon-sõrestikul monteeritakse katuslagi siporex-plaatidest; samuti seinad on siporex-kividest. Siporex-katuse plaatide pind kaetakse 2 korda niiskesooliga džuttriide vaheleasetamisega; 6) A. Jannes'i kivitööstus, Kalmistu teel nr. 4, kus Saaremaa dolomiitidest mehaniseeritud

*) Soome Riikliku Elanikekaitsekeskuse juhised avaldati sügisel 1938. a.

sisseseadel valmistatakse seinad voodriplaatide; 7) Männiku teel vaadati mõned kahekordsed elumajad, mille seintekonstruksioonid olid ühel juhul betoon-õonesblokid, väljaspoolt valge tsemendiga lihvitud, seest rööp- ja puitbetoon-kividest, kusjuures välis- ja sisekihi kivi formaadiks oli 28×13,6×10 cm, kuna keskkihis oli tavaline nopsa-formaat (28×13,6×6,4 cm).

Hiljem Insenerikojas teeklaasi juures arutati nähtu muljeid järgmiste teemade kohaselt:

1. Raudtalade tarvitamise piiramine rahvamajanduslikel ja konstruktsioonilistel põhjustel.

Konstateeriti rahvamajanduslikku kahju ja tehnilist otstarbetust lagede ehitamisel raudtalade vahele. Arvesse võttes asjaolu, et raudtalade vahel betoonlae tavaliselt ehitamiseks läheb 2-3 korda rohkem rauda kui raudbetoonlae ehitamiseks ja et raudtalade vahel lagi pole täiesti tulekindel, tuleks kas vähehaaval sundkorras vähendada raudtalade vahel lagede ehitamist, nõudes lagede tegemist raudbetoonist või varem valmistatud raudbetoonialadest, või tõsta lagede ehitamiseks määratud raudtalade sisseveetolli. Ühtlasi tuleb alata suurendada raudbetoonitööliste kaadrit. Need kaavad tuleks hiljemalt kahe aasta jooksul ellu viia.

2. Uued sein- ja laekonstruksioonid.

Leiti, et:

a) tuleks soovitada ehitada raudbetoonlagesid õõnsatest laekividest, kuid viimaste kaalu tuleks vähendada.

b) Tavaliste telliste tarvitamine niisketes kohtades pole soovitatav.

c) Uute ehitusmaterjalide ja ehitusviiside uurimine ning resolutsioonide väljatöötamine anda ühingu ehitusmaterjalide ja -viiside sektsiooni, kes peaks välja töötama otstarbekohased ehitusviisid, milliseid siis tuleks propageerida ja soovitada laiematele rahvakihtidele.

3. Katusekattematerjalid.

Läbirääkimistel selgus, et arvesse võttes tulekindlate katusematerjalide puudust meil, tuleks võtta revideerimisele senised määrused, mis piiravad kiil- ja peergkatuste ehitamist.

Tehes kokkuvõtteid läbirääkimiste kohta Ühingu esimees ins. K. Jürgenson avaldas soovi, et k. a. veel korraldataks ringsõite ja tulusaid mõtetevahetusi ja et Ehitusajanduse Ühing, arvesse võttes raskenenud ehitamistingimusi, näitaks suuremat aktiivsust oma tegevuses eelseisval hooajal ja et Ühingu tööle tõmmataks ligi veel uusi liikmeid.

Käesoleva numbri lisa: Insenerikoja Teated.

TELLIMISE HIND: aastas — Kr. 5.—, ½ aastas — kr. 2.50. Välismaale 50% kallim. Üsiknumber 45 senti. KUULUTUSTE HINNAD: 1/1 lk. — 40 kr., ½ lk. — 24 kr.; vastu teksti 25% kallim; tekstis ja IV kaan: 1/1 lk. — 70 kr., ½ lk. — 40 kr.; II ja III kaan: 1/1 lk. — 60 kr., ½ lk. — 30 kr.

Vastutav- ja peatoimetaja insener Valter Vöölmán, tel. 483-04, 301-80. Kaastoimetaja prof. dr. phil. nat. A. Parts, tel. 418-49/85 (am.) ja 418-49/55.

Ilmus trükist 30. oktoobril 1939. a.

Trükikoda J. Roosileht & Ko. Tallinnas, Lühike jalg 4.